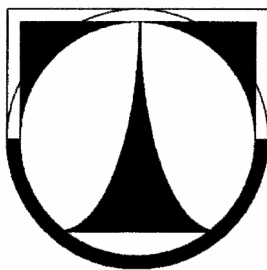


**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**MOBILNÍ PLNICÍ STANICE BIOPLYNU**

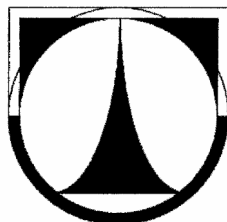
BIOGAS FILLING MOBILE STATION

David PLÍŠEK

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



Obor 2302T010

Konstrukce strojů a zařízení

Zaměření

Kolové dopravní a manipulační stroje

## **MOBILNÍ PLNICÍ STANICE BIOPLYNU**

BIOGAS FILLING MOBILE STATION

Diplomová práce

KSD – DP – 615

David PLÍŠEK

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Lubomír Moc, CSc. – KVM-TUL

Konzultant diplomové práce: Ing. Michael Fenkl – KVM-TUL

Počet stran: 51

Počet obrázků: 16

Počet tabulek: 8

Počet příloh: 2

Počet výkresů: 1

V Liberci dne 27. května 2010

**Místo pro vložení originálního zadání DP (BP)**

## ANOTACE

<b>JMÉNO A PŘÍJMENÍ:</b>	David Plíšek
<b>OBOR:</b>	Konstrukce strojů a zařízení
<b>ZAMĚŘENÍ:</b>	Kolové dopravní a manipulační stroje
<b>NÁZEV PRÁCE:</b>	<b>Mobilní plnicí stanice bioplynu</b>
<b>ČÍSLO PRÁCE:</b>	KSD – DP – 615
<b>VEDOUcí PRÁCE:</b>	doc. Ing. Lubomír Moc, CSc.
<b>KONZULTANT:</b>	Ing. Michael Fenkl

Předložená diplomová práce se zabývá návrhem uspořádání mobilní plnicí stanice bioplynu pro využití v laboratořích Katedry spalovacích motorů.

V první části diplomové práce je popsána výroba a možné úpravy bioplynu z hlediska odstraňování škodlivých příměsí.

V druhé části je rozebrána problematika legislativního omezení přepravy nebezpečných látek. Důraz je kladen na Evropskou dohodu o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí.

V třetí části je navržen tlakový zásobník, kompresor a upínací systém. Uvedeny jsou také výpočty pevnosti uchycení ve vozidle a energetické náročnosti stanice při čerpání bioplynu.

V závěrečné části je shrnuta ekonomická náročnost realizace.

Klíčová slova: bioplyn, ADR, biometan, přeprava,

## ANNOTATION

<b>NAME:</b>	David Plíšek
<b>SPECIALIZATION:</b>	Construction machinery and equipment
<b>FOCUSING:</b>	Transport and handling machines
<b>THEME OF THESIS:</b>	<b>Biogas mobile filling station</b>
<b>NUMBER OF THESIS:</b>	KSD – DP – 615
<b>LEADER OF THESIS:</b>	doc. Ing. Lubomír Moc, CSc.
<b>CONSULTER:</b>	Ing. Michael Fenkl

This graduation theses deals with the arrangement of a biogas filling mobile station. The station should be use in the laboratories of the Department of internal combustion engines.

The first part is describe the production of the biogas and biogas modifications with regard to get harmful admixtures out.

The second part analyzes legislative restrictions of the transport of the dangerous substances. The emphasis is on the European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR).

The pressure tank, the pump and the clamping system are designed in the third part of the graduation theses. There are included calculations of the strength of attachment in the vehicle and the energy performance on biogas pumping.

The final section summarizes the economic performance of the realization.

Key words: biogas, ADR, biomethane, transportation,

## Prohlášení k využívání výsledků diplomové práce

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V ..... dne .....

.....

podpis

## Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu doc. Ing. Lubomíru Mocovi, CSc. a panu Ing. Michaelu Fenklovi za vedení a rady při zpracování mé diplomové práce. Dále také panu Ing. Josefu Palatinovi za pomoc při sestavování podmínek přepravy a ostatním lidem, kteří mi ochotně předali své zkušenosti, odpověděli na otázky týkající se dané problematiky a zároveň mi poskytli všechnu dostupnou literaturu, z které jsem mohl při vypracovávání této práce čerpat. Nemalé poděkování patří také mým rodičům za jejich podporu a klidné zázemí, které mi po celou dobu studia svým přístupem zajistili.

## Seznam použitých symbolů a zkratk

### Zkratky

ADR	- Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí
BP	- bioplyn
BPS	- bioplynová stanice
CNG	- stlačený zemní plyn
ČOV	- čistička odpadních vod
ČR	- Česká republika
ČSN	- Česká státní norma
J.N.	- jinde nejmenovaný
MZ ČR	- Ministerstvo zemědělství České republiky
PSA	- tlaková adsorpce – technologie na úpravu bioplynu
OZE	- obnovitelné zdroje energie
UN	- oficiální zkratka pro označení tříd nebezpečných látek dle dohody ADR
VŠCHT	- Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
ZP	- zemní plyn

### Veličiny

$a_B$	- setrvačné zrychlení vzniklé při brzdění
$E$	- spotřeba elektrické energie
$f$	- součinitel smykového tření
$F$	- síla
$g$	- gravitační zrychlení
$G$	- tíhová síla
$i$	- interval
$m$	- hmotnost
$M(X)$	- molární hmotnost plynu $X$
$n$	- polytropický exponent
$p$	- tlak plynu
$P$	- příkon
$r_{BP}$	- měrná plynová konstanta bioplynu
$R$	- univerzální plynová konstanta
$t$	- čas
$T$	- teplota plynu
$v$	- měrný objem plynu
$V$	- objem plynu
$\dot{V}$	- dopravované objemové množství plynu kompresorem
$W$	- práce

$\alpha$	- úhel sklonu zádržné síly
$\eta_{ad}$	- adiabatická účinnost kompresory
$\eta_{mK}$	- mechanická účinnost kompresoru
$\eta_{el}$	- mechanická účinnost elektromotoru a řemenového převodu
$K$	- Poissonova konstanta
$\omega$	- procentuální obsah složky ve směsi

### Indexy

1	- stav nestlačeného plynu před kompresí
2	- stav stlačeného plynu v zásobníku
I	- stav plynu po prvním stupni komprese
II	- stav plynu po druhém stupni komprese
AD	- adiabatická
c	- celková
i	- intervalu
KOM	- kompresoru
P1; P2	- popruh 1; popruh 2
POL	- polytropická
RA;RB	- reakce 1; reakce 2
s	- setrvačná
si	- středu intervalu
t	- třecí

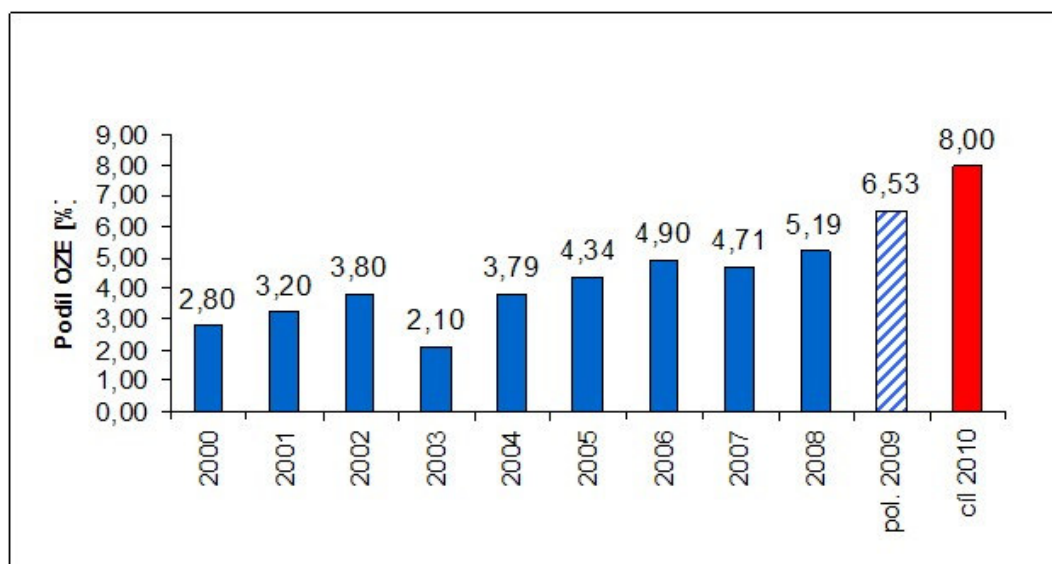


## Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk .....	7
1.0 ÚVOD .....	9
2.0 BIOPLYN .....	11
2.1 VÝROBA BIOPLYNU .....	11
2.2 ÚPRAVA BIOPLYNU NA BIOMETAN .....	14
2.2.1 Výhody úpravy bioplynu na biometan .....	14
2.2.2 Technologie úpravy bioplynu na biometan .....	15
2.2.3 Podmínky pro využití biometanu (v ČR v porovnání se zahraničím) ..	20
3.0 PODMÍNKY PŘEPRAVY NEBEZPEČNÝCH VĚCÍ .....	22
3.1 SEZNAM ZÁKONŮ .....	22
3.2 PODMÍNKY PŘEPRAVY .....	23
4.0 NÁVRH ŘEŠENÍ .....	28
4.1 NÁVRH KOMPRESORU .....	28
4.2 NÁVRH TLAKOVÉHO ZÁSOBNÍKU .....	30
4.3 NÁVRH UPÍNACÍCH PRVKŮ .....	31
4.4 NÁVRH USPOŘÁDÁNÍ VE VOZIDLE .....	34
4.5 VÝPOČET ENERGETICKÝCH POŽADAVKŮ STANICE .....	35
4.6 KONTROLA PEVNOSTI UPEVNĚNÍ SVAZKU TLAKOVÝCH LAHVÍ A KOMPRESORU .....	41
4.7 BEZPEČNOSTNÍ DOPORUČENÍ K PŘEPRAVĚ .....	44
5.0 EKONOMICKÁ NÁROČNOST .....	48
6.0 ZÁVĚR .....	49
Seznam použité literatury .....	50
Seznam příloh .....	51

## 1.0 ÚVOD

Současný stav ve světě, se vyznačuje vysokou poptávkou po energiích. S tím souvisí silný nárůst jejich cen. Česká republika se jako členský stát Evropské unie zavázala, že v roce 2010 výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (OZE) bude tvořit 8 % její hrubé domácí spotřeby [2]. K tomuto cíli se ČR zavázala v přístupové smlouvě a tento cíl je dán také zákonem č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Na Obr. 1 jsou znázorněny podíly elektřiny z OZE na hrubé spotřebě.



Obr. 1 Podíl výroby elektřiny z OZE na hrubé domácí spotřebě [Alternativní energie; Ing. Kusý Petr (Energetický regulační úřad); 01/2010]

V Tab. 1 je uvedené množství vyrobené elektrické energie jednotlivých odvětví obnovitelných zdrojů energie.

Výroba elektřiny z OZE [GWh]	2006	2007	2008	1-6 2009
Vodní elektrárny	2570,7	2079,3	2024,3	1267,0
Biomasa	728,5	993,4	1231,2	656,3
Bioplyn	172,6	182,7	213,6	164,0
Biologická část komunálního odpadu	11,3	11,3	11,7	5,5
Větrné elektrárny	49,4	125,1	244,7	142,8
Fotovoltaika	0,2	1,8	12,9	32,4

Tab. 1 Výroba elektřiny z OZE [Alternativní energie; Ing. Kusý Petr (Energetický regulační úřad); 01/2010]

Dalšími kroky v roce 2010 bude implementace přijaté směrnice 2009/28/ES na podporu energií z obnovitelných zdrojů do zákona č. 180/2005 Sb.. Směrnice stanoví členským státům Evropské unie nové a ještě ambicióznější cíle, než jaké byly vztaženy k roku 2010. Pro ČR to znamená, že k roku 2020 bude muset vyrábět 13 % energie z obnovitelných zdrojů, tedy nejen elektřinu, ale také teplo, chlad a paliva pro dopravu. Cíle pro rok 2010 se týkají výroby pouze elektřiny. [2]

Odvětvím, kterému tyto plány mohou velice pomoci k rozšiřování působnosti, je bezesporu zemědělství. To má pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů největší možnosti a předpoklady. Jedním z velmi perspektivních zemědělských produktů, které se řadí mezi OZE, je právě bioplyn.

Ten už se tedy nebude řadit dle uvedených směrnic pouze mezi zdroje elektrické energie, ale i mezi paliva pro dopravu. To s sebou přináší další možnosti ve výzkumu a úpravách motorů tak, aby byly schopny bioplyn spalovat. Tímto směrem se chce katedra vozidel a motorů na TU v Liberci ubírat, proto je nutné sestavit zařízení, kterým by se bioplyn do laboratoří dopravoval. Tímto tématem se bude moje diplomová práce zabývat.

Předpokladem je, že se do vozidla naloží tlakový zásobník a přiveze se do laboratoří katedry, kde se bude experimentálně zjišťovat jeho chování při spalování. Převážet se bude zásobník v automobilu Renault Trafic, který je katedrou používán i pro jiné účely, proto musí být možno zásobník naložit a vyložit. Proto by také měli případné úpravy mít minimální dopad na stávající provedení nákladového prostoru. Součástí práce by měl být i výpočet upnutí svazku tlakových lahví ve vozidle.

## 2.0 BIOPLYN

### 2.1 VÝROBA BIOPLYNU

Bioplyn vzniká na základě rozkladu organické hmoty bez přítomnosti kyslíku digescí nebo fermentací. Specifické mikroorganismy rozkládají organický materiál v několika stupních, hlavní složkou tohoto kvasného procesu je metan (50–75 %), zbytek tvoří plynné směsi, hlavně oxid uhličitý. Na otázku, co všechno lze zpracovávat v bioplynové stanici, je jednoduchá odpověď – všechno, co je organického původu, tedy vše, co vyrostlo a je rostlinného nebo živočišného původu. Provoz bioplynové stanice vyžaduje kontinuální plnění fermentoru kvalitní organickou hmotou. [3]

V současné době, kdy se rapidně snižují chovy hospodářských zvířat a snižuje se i produkce statkových hnojiv, stále stoupá využití energetických plodin při výrobě bioplynu a stabilizuje se systém jejich produkce.

Největší potenciál pro výrobu bioplynu má kukuřice a fytomasa z trvalých travních porostů, které obsahují velké množství rozpustných cukrů jako základní zdroj energie mikroorganismů pro fermentační proces a získání metanu. Hnůj a kejda jsou používány také, ale jako transportní a očkovací materiál základního rostlinného substrátu. Pokud je celý proces dobře zvládnutý, z bioplynové stanice vystupuje kvalitní hnojivo bez zápachu a vyrábí se dostatek plynu. V opačném případě vzniká zápach z nedostatečně zfermentovaných surovin a ekonomika celého provozu je špatná. [3]

Vzniklý bioplyn je ve většině případů využit v kogenerační jednotce pro produkci elektrického proudu a tepla. Odpadní teplo z bioplynové stanice je částečně využíváno pro provoz stanice, zbytek je určen k dalšímu využití. A zde se zemědělskému podniku nabízí různé možnosti – posklizňové sušení obilovin nebo sena, vytápění provozů, ohřev vody, sušení řeziva či palivového dřeva a jeho prodej apod.

Za připomínku také stojí použití digestátu z bioplynové stanice jako hnojiva. Podle legislativy je digestát organické hnojivo typové, pokud splňuje podmínku minimálně 25 % spalitelných látek v sušině a minimální obsah dusíku 0,6 % v sušině, a spadá do kategorie hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem.

Využití i dávkování digestátu jako hnojiva je srovnatelné s kejdou. Digestát je bohatý na živiny jako je dusík, fosfor, draslík a je ideálním hnojivem právě pro kukuřici a travní porosty. Můžeme tedy říct, že živiny, které z půdy odvozem zelené hmoty vyčerpáme, opět ve značné míře digestátem vrátíme zpět. [3]

#### Odvhlčování bioplynu

Bioplyn produkovaný v bioplynových stanicích má vysoký obsah vodní páry. Pro další využívání bioplynu (transport, stlačování, spalování v kogeneračních jednotkách,...) je nutné snížení jeho vlhkosti. Sušení se provádí jeho zchlazením a následným ohřevem. Při ochlazení se z plynu vysráží voda a právě následným ohřevem se pak sníží relativní vlhkost. Chlazení a ohřev bioplynu se provádí ve speciálních tepelných výměnících. Veškeré zařízení je vyrobeno z nerezové oceli. Pokud je požadovaný výkon sušení tak velký, že je nutno použít více výměníků, je každý z nich vybaven samostatným chladicím a ohřívacím blokem a lapačem kapek.

#### Odsiřování bioplynu

Jedinou formou síry, která se může v bioplynu objevovat ve významném množství, je sulfan ( $H_2S$ ). V bioplynu byly stanoveny i další formy organicky vázané síry. Obsahy těchto složek jsou však v porovnání se sulfanem o řád nižší. Z pohledu technologického i uživatelského si můžeme dovolit převést problém síry pouze na problém jediné sloučeniny - sulfanu. Přitom množství sulfanu, které v bioplynu nalezneme, je přednostně určováno složením substrátu použitého k výrobě bioplynu. (viz. Tab. 2) [1]

Druh substrátu	Obsah $H_2S$ v bioplynu [mg/m <sup>3</sup> ]
dřevní biomasa, papír, celulóza, rostlinný odpad	do 100
kaly z čištění městských splaškových vod	300 – 1500
živočišné odpady (skot)	500 – 800
živočišné odpady (drůbež, vepř)	4000 – 6000
potravinářské odpady s vysokým obsahem proteinů	

Tab. 2 Obsah sulfanu v bioplynu z různých substrátů |Bioplyn (Straka F., 2006)|

Skládkové plyny se vyznačují vysokou rozmanitostí objemu sulfanu. Ve většině případů se sulfan do plynu dostane pouze minimálně. Při měření skládkových plynů v České a Slovenské republice se koncentrace sulfanu ve většině případů pohybovala v rozmezí 0,5 – 40 mg/m<sup>3</sup> [1].

Velmi nepříjemné jsou korozivní účinky při spalování bioplynu obsahujícího sulfan, kdy se zejména při vyšších koncentracích sulfanu v plynu tvoří kyselina sírová, způsobující korozi zařízení, se kterými přichází do styku. Typická je vysoká koroze kontaktů zapalovacích svíček, koroze olejových těsnění a ložisek klikové hřídele. Při spalování bioplynu s vysokým obsahem sulfanu v plynových kotlích dochází ke značné korozi spalínového traktu. [6] Odsiřování je obzvláště důležité při použití bioplynu jako paliva kogeneračních jednotek. Výrobci těchto jednotek požadují maximální obsah sulfanu v bioplynu do 500 mg/m<sup>3</sup>. [6]

Pro odstraňování sulfanu z plynů se v provozní praxi používají absorpční a adsorpční metody. Absorpční metody používají k odstranění sulfanu prací kapaliny, ve kterých se sulfan dobře rozpouští. Takovou látkou je například methanol, který je využíván jako prací kapalina v procesu odsíření. Pro odstraňování sulfanu z relativně malých objemů bioplynu se osvědčily především adsorpční metody, kdy se sulfan zachycuje na pevných adsorbentech. Používá se speciální impregnované aktivní uhlí, které je schopno zajistit oxidaci sulfanu na elementární síru i bez přítomnosti kyslíku v čištěném plynu. Speciální impregnační přísady zajišťují nejen velmi vysokou účinnost odsíření plynu, ale i velmi vysokou adsorpční kapacitu aktivního uhlí vůči sulfanu. Adsorpční technologie odsíření bioplynu pomocí speciálního aktivního uhlí vyvinutá v minulých letech na Ústavu plynárenství, koksochemie a ochrany ovzduší na VŠCHT Praha používá adsorbent impregnovaný sloučeninami šestimocného chromu. Tato technologie byla provozně aplikována k odsíření bioplynu na 4 čistírnách odpadních vod v ČR (Znojmo, Prostějov, Kroměříž, Kralupy nad Vltavou). Tato technologie dosahuje velmi vysoké účinnosti odsíření plynu a velmi vysokého stupně nasycení adsorbentu sírou, který přesahuje 25 % hm. [1]

## **2.2 ÚPRAVA BIOPLYNU NA BIOMETAN**

### **2.2.1 Výhody úpravy bioplynu na biometan**

Dát "zelenou" takovémuto využívání bioplynu má smysl z několika důvodů. Úpravou na biometan lze efektivně využít větší část primární energie obsažené v bioplynu, než je dnes obvyklé. Zatímco bioplynová stanice zpravidla zhodnotí 40 – 50 % energie v bioplynu ve formě elektřiny příp. i tepla (mimo vlastní spotřebu), při úpravě na biometan a jeho dodávce do plynovodní sítě roste tento potenciál i na více než 60 %. [4]

Jako motorové palivo je dále biometan šetrnější k životnímu prostředí, a to nejen ve srovnání s běžnou naftou či benzinem, ale i jejich obnovitelnými substituty - biodieselem a bioetanolem vyráběnými u nás z tradičních plodin. Zatímco při výrobě bioetanolu z obilí či biodieselu z řepky olejné lze v našich podmínkách získat reálný hektarový energetický zisk mezi 20 až 50 GJ, v případě bioplynu to může být až 120 i více GJ v podobě finálního paliva, jsou-li pro jeho produkci vhodné plodiny, jako je např. kukuřice. [4]

Často diskutovaná bilance energetických vstupů a výstupů při výrobě a užívání biopaliv je pro bioplyn jednoznačně pozitivní. V případě výroby bioplynu z kukuřice jsou energetické vstupy, jež je nutné vložit do vypěstování kukuřice, v porovnání s výnosem v podobě dále využitelné zelené hmoty asi v poměru 1:3. Po odpočtu vlastní technologické spotřeby bioplynové stanice (v závislosti na použité technologii anaerobní fermentace představuje zpravidla 15 – 20 % energie obsažené ve vyráběném bioplynu) tento poměr klesá na přibližně 1:2,5 a po odpočtu vlastní spotřeby případného čištění bioplynu na kvalitu zemního plynu (opět ve výši 15 – 20 % v závislosti na typu technologie a finální tlakové úrovni plynu při konečném využití) pak na výsledných asi 1:2. [4]

Zdrojem pro výrobu bioplynu resp. biometanu mohou být ale i nejrůznější organické materiály, které mají povahu odpadu. Například z jedné tuny kuchyňského bioodpadu může být vyrobeno tolik biometanu, že s ním autobus nebo svozový vůz ujede vzdálenost 200 i více kilometrů. Chytrou koncepcí odpadového hospodářství lze tak z bioodpadů získávat palivo pro pohon např. CNG autobusů městské hromadné dopravy, odpadářských vozů apod. [4]

### 2.2.2 Technologie úpravy bioplynu na biometan

Existuje celá řada technologií umožňujících zvýšit v produkovaném bioplynu podíl energeticky hodnotného metanu, tj. oddělit z něj nežádoucí příměsi. Zejména se jedná o odstranění oxidu uhličitého (v bioplynu  $\text{CO}_2$  je zastoupen v rozmezí 25 – 55 %), a dále vodní páry ( $\text{H}_2\text{O}$ ), sulfanu ( $\text{H}_2\text{S}$ ), čpavku ( $\text{NH}_3$ ), vodíku a vzduchu (tj. dusíku, kyslíku), které jsou v bioplynu obsaženy v malých množstvích. U kalového nebo skládkového plynu se pak rovněž vyskytují nežádoucí příměsi na bázi halogenovaných sloučenin nebo organických sloučenin křemíku. [4]

Jednotlivé technologie se liší v principu separace, komplexnosti (některé odstraňují jen některé nežádoucí složky v bioplynu) a robustnosti (kapacitních schopnostech). Před vlastním oddělováním  $\text{CO}_2$  obvykle předchází vyčištění surového bioplynu od stopových látek, především síry, která by negativně ovlivňovala další proces obohacování. [4]

Postupy oddělování metanu a oxidu uhličitého (a příp. dalších nežádoucích složek) lze rozdělit do čtyř hlavních skupin, jež se liší principem činnosti a de facto i technologickým řešením:

- adsorpce - technologie PSA
- absorpce - fyzikální (tlaková) vypírka
  - chemická vypírka
- membránová separace
- nízkoteplotní rektifikace – kryotechnologie

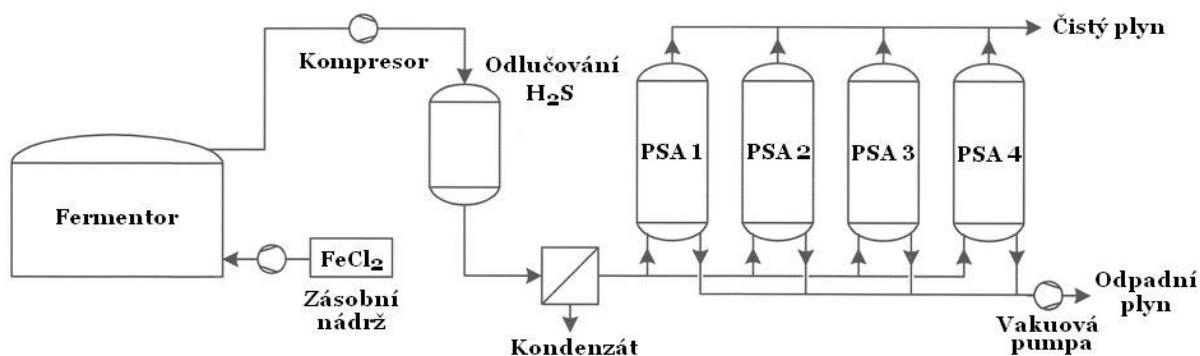
Největšího uplatnění v reálném provozu doposud doznaly s jistými modifikacemi v zásadě dvě technologie: proces tlakové adsorpce označovaný jako „PSA“ (z angl. Pressure Swing Adsorption) nebo fyzikální či chemická absorpce vodou či jiným roztokem (v angl. nazýván jako „scrubbing“ či „washing“); slibnou technologií z pohledu energetických i prostorových nároků je pak i membránová separace, která má již první komerční nasazení. Za podobně perspektivní je považováno i využití kryogenní metody separace, její praktické uplatnění pro úpravu bioplynu je však zatím ve stádiu vývoje a ověřování. Podrobněji jsou jednotlivé technologie představeny níže. [4]



### 2.2.2.1 Technologie PSA

Tato technologie využívá pro separaci oxidu uhličitého tzv. Van der Waalsových sil, které vážou molekuly  $\text{CO}_2$  a povrch vysoce porézní pevné látky (zpravidla jím je aktivní uhlí). Adsorpce probíhá za zvýšeného tlaku a desorpce – regenerace adsorbentu při sníženém tlaku (vakuu). V adsorbéru se tak opakovaně mění tlakové podmínky, podle čehož se proces v podstatě nazývá. Aby produkce biometanu byla nepřerušovaná, bývá instalováno vždy několik adsorbérů, které pak pracují paralelně a pokaždé se nacházejí v jiné fázi procesu (typický počet je 4). Vyšší produkční kapacita je docílována instalací dalších sad. [4]

Na Obr. 2 je znázorněno procesní schéma. Bioplyn zbavený síry se stlačí na cca 0,4 – 0,7 MPa a zchladí na teplotu 10 až 20 °C, tím se vysráží vlhkost a zkondenzovaná voda se odvede mimo plyn. Takto vyčištěný plyn se přivádí zespodu do adsorbéru, který obsahuje tzv. molekulární síto tvořené velmi jemně rozemletým uhlíkem v extrudované podobě. Na tomto adsorbentu se zachycuje  $\text{CO}_2$  a zbytkový obsah  $\text{H}_2\text{O}$  a  $\text{H}_2\text{S}$  a rovněž malé množství metanu. Z horní části filtru vychází metan o koncentraci 95 – 98 %. Po nasycení adsorbéru se přítok vstupního bioplynu přepne na druhou sadu regenerovaných filtrů. [4]



Obr. 2 Schéma úpravy bioplynu technologií PSA | Překážky a bariéry využití bioplynu v kvalitě ZP, Čermáková J.; VŠCHT Praha|

V klasickém uspořádání procesu PSA zajišťuje střídání sad filtrů řídicí jednotka pomocí elektromagnetických ventilů (např. zařízení společnosti CarboTech Engineering GmbH nebo Cirmac International BV). Jinou alternativou je přepínání jednotlivých cyklů pomocí systému rotujících ventilů,

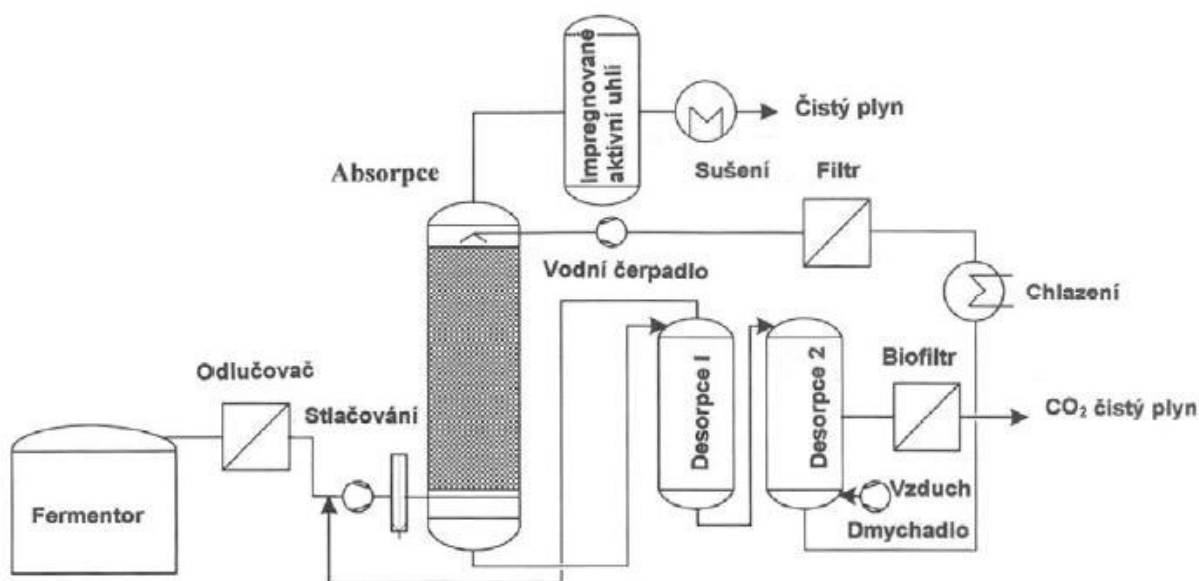
díky čemuž je doba cyklů kratší a zařízení kompaktnější (technologie vyvinula společnost QuestAir Technologies Inc., nyní součástí skupiny XEBEC Inc.). [4]

#### **2.2.2.2 Tlaková vypírka**

Technologie využívá odlišné rozpustnosti nežádoucích složek bioplynu – konkrétně oxidu uhličitého, sulfanu a čpavku – oproti metanu při různé teplotě a tlaku (při tlaku 1 bar a teplotě 25 °C má CO<sub>2</sub> 25krát větší rozpustnost než metan, H<sub>2</sub>S téměř 80krát a NH<sub>3</sub> dokonce více než 20 tis. násobně). A tak zatímco je při průchodu pracovním prostředím za zvýšeného tlaku jimi "nasyčena" procesní kapalina, metan prochází a zvyšuje svůj podíl na výstupním plynu. [4]

Nejčastěji je jako pracovní médium – rozpouštědlo využívána voda (pak je tento proces nazýván v angl. jako "water scrubbing" či v něm. „Druckwasser Wäsche“). Procesní schéma tlakové vypírky vodou ukazuje Obr. 3. Surový bioplyn je dvoustupňově stlačen s mezichlazením, a při teplotě cca 15 °C a tlaku 0,3 – 0,7 MPa vstupuje do spodku absorpční kolony. Do její horní části je vstřikovávána voda, která v protiproudové sprše zachytí jmenované nežádoucí plyny a výsledný biometan odchází s obsahem 95 – 98% CH<sub>4</sub>. (Tento proces neodstraní zbytkový obsah vzduchu, tj. N<sub>2</sub> a O<sub>2</sub>.) Pro vyšší účinnost procesu je kolona uvnitř vyplněna vysoce porézním materiálem s velkou vnitřní plochou. Voda ze spodní části kolony se čerpá do expanzní nádoby a odtud po uvolnění na atmosférický tlak do desorpční kolony, kde se rozpuštěné plyny uvolní za pomoci protiproudu vzduchu a spolu s ním odcházejí do atmosféry. Regenerovaná voda je zpravidla čerpána zpět do absorberu. Plyn uvolněný v expandéru je recirkulován zpět do sání druhého stupně komprese.[4]

Z důvodu lepších absorpčních vlastností pak bývají namísto vody rovněž využívána organická rozpouštědla – nejčastěji jím je Genosorb® nebo Selexol®, což jsou obchodní značky chemického roztoku na bázi polyetylen glykolu od různých výrobců. [4]



Obr. 3 Schéma úpravy bioplynu tlakovou vypírkou vodou | Nové technologické systémy pro hospodárné využití bioplynu; Kára Jaroslav – MZ ČR |

### 2.2.2.3 Chemická vypírka

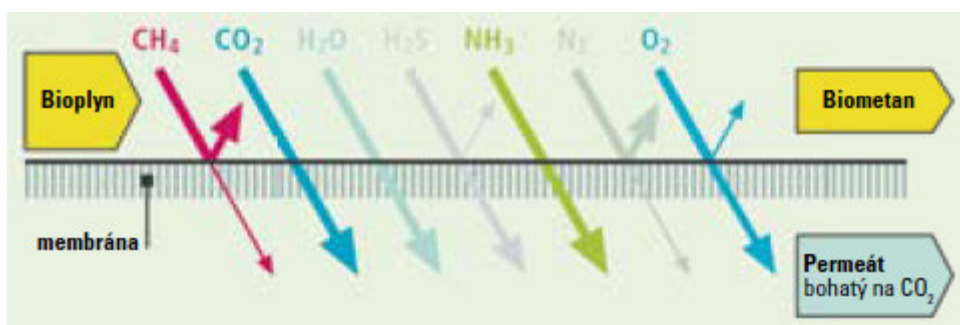
Oddělování nežádoucích příměsí, přítomných v bioplynu, od metanu je možné docílit i chemickou absorpcí. Výhodou oproti fyzikální vypírce je vyšší selektivita a rozpustnost nežádoucích plynů, a to i při atmosférickém tlaku. Nejčastějším sorbentem je monoetanolamin. Procesní schéma chemické vypírky je velmi podobné, liší se však způsobem absorpce a pracovními podmínkami. Vstupní surový bioplyn je stlačován pouze na cca 50 kPa (k překonání odporu vodní sprchy) a vychlazen na teplotu cca 10 °C. Sorbent je ředěn vodou na koncentraci cca 10 – 20 % a na rozdíl od fyzikální vypírky váže nežádoucí plyny chemickým způsobem. Obohacený biometan odchází s koncentrací 96 - 99 %. Regenerace sorbentu se provádí opět v desorpční koloně po zahřátí roztoku, v její spodní třetině až na teplotu přes 100 °C. Část vody se při tom odpaří. [4]

Absorpční technologii k obohacování bioplynu nabízí řada firem. Tlakovou vypírku vodou např. společnosti Malmberg Water AB a Flotech Group, na bázi organického rozpouštědla Genosorb®, pak např. Haase Energietechnik

AG. Absorpci chemickou cestou pak využívá řešení firmy MT-Biomethan GmbH či Cirmac International BV. [4]

#### 2.2.2.4 Membránová separace

Membránová separace využívá rozdílné průchodnosti jednotlivých složek ve směsi bioplynu tenkou membránou. Materiálem pro konstrukci membránových sít jsou nejčastěji polymery. Skrze membránu prochází snáze  $\text{CO}_2$  (a též zbytkový obsah  $\text{H}_2\text{S}$  a vodní páry) jako tzv. permeát, zatímco většina metanu zůstává před membránou a odchází na tlakové straně jako tzv. retenát (viz Obr. 4). Podíl metanu v retenátu závisí na použitém materiálu membrány, jejím stáří a také tlakové úrovni. Za optimálních podmínek proces čištění probíhá při tlaku 0,7 – 0,9 MPa a docílí se až 97 – 98 % obsahu  $\text{CH}_4$  ve výsledném plynu. Vyšší míry vyčištění (a menších ztrát metanu) umožňuje dvoustupňová separace. Membránovou technologii nabízí např. opět firma Cirmac International BV či také Axiom Angewandte Processtechnik GmbH. [4]



Obr. 4 Princip úpravy bioplynu membránovou separací [Využití bioplynu v dopravě, SEVEN, o.p.s.; 2009]

#### 2.2.2.5 Nízkoteplotní rektifikace

Oxid uhličitý a metan mají dosti rozdílné body varu ( $\text{CO}_2$  78 °C a  $\text{CH}_4$  161 °C). Této skutečnosti lze tak využít a kryogenní cestou, tj. ochlazením bioplynu na velmi nízkou teplotu (min. -80 °C), oddělit  $\text{CO}_2$  a příp. další nežádoucí složky od metanu jejich zkapalněním příp. rovnou desublimací. Výhodou tohoto postupu je velmi vysoká čistota výsledného plynu (více než 99 %  $\text{CH}_4$ ) a také možnost dále zhodnotit zkapalněný  $\text{CO}_2$ . Při ještě nižších

teplotách pak může být zkapalněn i biometan, čímž se pak může stát náhradou za LNG. Zatím však uplatnění této technologie nedoznalo v této oblasti komerčního uplatnění, zejména z důvodu vysoké kapitálové a energetické náročnosti. [4]

### **2.2.3 Podmínky pro využití biometanu (v ČR v porovnání se zahraničím)**

#### **Požadavky na kvalitu biometanu**

Prvním dobrým krokem bylo přijetí změny technických pravidel **TPG 902 02** upravujících požadavky na kvalitu plynů bohatých na metan, která jsou dodávána prostřednictvím plynárenských sítí. S platností od 1. 3. 2009 byly nově upraveny požadavky na biometan (viz Tab. 3). Definované parametry jsou nicméně jen doporučením, provozovatel příslušné distribuční sítě zemního plynu může při sjednávání připojení výroben biometanu do místní plynárenské sítě požadovat i jiné (přísnější) hodnoty. [4]

Stěžejní parametry (jako např. obsah metanu, vody, kyslíku, síry atd.) by přitom měly být sledovány kontinuálně měřícím zařízením předepsaným distributorem.

Obdobné požadavky na kvalitu jsou pak již v českých technických předpisech definovány i pro přímé využití bioplynu, resp. biometanu v motorových vozidlech (tj. bez jeho dopravy veřejnou plynárenskou sítí). Stalo se tak přijetím normy ČSN 65 6514 (v platnosti od 1. 1. 2008), která je v zásadě českým překladem švédského standardu SS 15 54 38. Z důvodu absence infrastruktury výroby biometanu však v praxi zatím žádné z motorových vozidel u nás na "bio CNG" ještě nejezdí. [4]

Parametr	Hodnota	Pozn.
Obsah methanu	min. 95% mol.	
Obsah vody	max. -10 °C	vyjádřeno jako teplota rosného bodu vody
Obsah kyslíku	max. 0,5% mol.	
Obsah CO <sub>2</sub>	max. 5,0% mol.	
Obsah N <sub>2</sub>	max. 2,0% mol.	
Obsah H <sub>2</sub>	max. 0,2% mol.	
Celkový obsah síry	max. 30 mg/m <sup>3</sup>	
Obsah merkaptanové síry	max. 5 mg/m <sup>3</sup>	
Obsah H <sub>2</sub> S	max. 7 mg/m <sup>3</sup>	
Obsah NH <sub>3</sub>	nepřítomen	
Halogenové sloučeniny	max. 1,5 mg/m <sup>3</sup>	(Cl+F)
Organické sloučeniny křemíku	max. 6 mg/m <sup>3</sup>	Si
Mlha, prach, kondenzáty	nepřítomny	

Tab. 3 Požadavky na kvalitu biometanu dle TPG 902 02 | Nové možnosti využití bioplynu na BPS; Tomáš Rosenberg; Bioprofit s.r.o |

### **Majetko-právní vztahy**

Jistou bariérou vzniku prvních zařízení na výrobu biometanu (pro jeho dodávku do plynovodní sítě ZP) jsou však v české legislativě zatím nevyjasněné vlastnické vztahy k zařízení připojovacího místa a financování nákladů na jeho instalaci a provoz. Připojovacím místem se rozumí ta část strojního a technického vybavení, která po úpravě bioplynu monitoruje a na finální tlakové parametry upravuje výsledný biometan pro možné dodání do sítě. Součástí připojovacího místa bývá obchodní měření zajišťující zpravidla současně i měření kvality (tvoří jej pak procesní chromatograf, průtokoměr a přepočítávač), dále odorizační jednotka, kompresor pro úpravu tlakové úrovně biometanu dle požadavků místní sítě a také telekomunikační zařízení pro dálkový přenos dat a možné dálkové řízení stanice. Někdy pak bývá součástí i zařízení na přidávání propanu pro zvýšení spalného tepla biometanu (v ČR však nebude, zdá se, vyžadováno). Stávající praxe v Německu například rozděluje investiční náklady připojovacího místa rovnoměrně mezi výrobce biometanu a místního distributora, a to včetně případného potrubního přívodu biometanu až do délky 10 kilometrů. Provozní náklady plně hradí provozovatel distribuční sítě. V ČR by tyto otázky měly být vyjasněny v průběhu roku 2010, kdy se očekává změna prováděcích předpisů k energetickému zákonu (458/2000 Sb.). [4]

### 3.0 PODMÍNKY PŘEPRAVY NEBEZPEČNÝCH VĚCÍ

Pro přepravu nebezpečných věcí, mezi které se bioplyn řadí, platí několik předpisů, které musí mnou navrhované řešení splňovat. V této kapitole uvedu, kterých předpisů se to týká a jaké podmínky přepravy z nich vyplývají.

#### 3.1 SEZNAM ZÁKONŮ

##### **Zákon č. 361/2000 sb., o provozu na pozemních komunikacích**

Zákon upravuje práva a povinnosti účastníků provozu na pozemních komunikacích, pravidla provozu na pozemních komunikacích, úpravu a řízení provozu na pozemních komunikacích, řidičská oprávnění a řidičské průkazy a vymezuje působnost a pravomoc orgánů státní správy a Policie České republiky ve věcech provozu na pozemních komunikacích.

##### **Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí**

##### **(ADR)**

(ADR - z **Accord Dangereuses Route**)

Dohoda byla přijata v Ženevě dne 30. září 1957 a tehdejší Československo k ní přistoupilo 26. května 1987 a vydalo ve vyhlášce č. 64/1987 Sb. Zprvu platila jen pro mezinárodní přepravu nebezpečných věcí, ale v roce 1994 byla zákonem č. 111/1994 Sb. vztažena i na vnitrostátní dopravu.

Jedná se o poměrně rozsáhlý předpis, který v současné době čítá cca 1200 stran textu. Obecně lze říci, že dohoda ADR stanovuje podmínky pro silniční přepravu nebezpečných věcí. Dohoda ADR mimo jiné předepisuje pravidla pro klasifikaci nebezpečných věcí, metody balení, označování obalů, pravidla pro nakládku a manipulaci, pravidla pro přepravu, požadavky na schvalování a konstrukci obalů a požadavky na konstrukci a schvalování vozidel, označování vozidel a výbavu vozidel.

V neposlední řadě stanoví dohoda ADR minimální požadavky na školení osob zúčastněných na přepravě a manipulaci s nebezpečnými věcmi, řidičů a bezpečnostních poradců.

### **ČSN EN 1968, Lahve na přepravu plynů – Periodická kontrola a zkoušení bezešvých ocelových lahví.**

Hlavním záměrem této evropské normy je sjednocení požadavků na periodickou kontrolu a zkoušení bezešvých ocelových lahví na plyny (samostatných nebo ve svazcích) používané na stlačené a pod tlakem zkapalněné plyny o vodním objemu od 0,5 l do 150 l. Rovněž vymezuje postupy k zajištění volného pohybu existujících lahví mezi členskými státy EU. Tato evropská norma odkazuje na předpisy týkající se přepravy nebezpečného zboží (ADR a RID).

## **3.2 PODMÍNKY PŘEPRAVY**

V zákoně č. 361/2000 Sb. jsou uvedeny následující povinnosti:

- §5 říká, že řidič je povinen zajistit bezpečnost přepravované osoby nebo zvířete a bezpečnou přepravu nákladu
- v §52 je uvedeno, že při přepravě nákladu nesmí být překročena maximální přípustná hmotnost vozidla a maximální přípustná hmotnost na nápravu vozidla. Dále je předepsáno, že náklad musí být na vozidle umístěn a upevněn tak, aby neohrožoval bezpečnost provozu na pozemních komunikacích, nezpůsobil hluk a neznečišťoval ovzduší

Dále se budu zabývat podmínkami vyplývajícími z dohody ADR pro přepravu mnou navrhované stanice.

Nejprve bylo nutné zařadit přepravovanou látku (bioplyn) do skupin dle kapitoly 3.2 dohody ADR. Tyto skupiny se označují písmeny „UN“, za kterými je uveden čtyřmístný číselný kód (např. *UN 1234*). Všechny skupiny a jejich označení jsou v tabulce A kapitoly 3.2 ADR. Část této tabulky týkající se bioplynu je uvedena níže (Tab. 4).



Pro jakoukoli nebezpečnou látku by měl výrobce této látky vyhotovit tzv. Bezpečnostní list, ve kterém je přímo látka zařazena. Bohužel se mi nepodařilo sehnat žádného výrobce bioplynu, který by tento list vlastnil, proto jsem za pomoci odborníků odhadl, do které skupiny by bioplyn patřil. Zařazen byl následovně:

**Název látky :** Plyn stlačený, hořlavý, J.N.

**Třída:** 2 – Plyny

**Klasifikační kód:** 1F

**Kemperův kód:** 23 – hořlavý plyn

**UN číslo:** 1954

UN číslo	Pojmenování a popis	Třída	Klasifikační kód	Obalová skupina	Bezpečnostní značky	Zvláštní ustanovení	Omezená a vyňatá množství		Balení			Přemístitel kontejnerů
									Pokyny pro balení	Zvláštní ustanovení pro obaly	Ustanovení o společném balení	
	3.1.2	2.2	2.2	2.1.1.3	5.2.2	3.3	3.4.6	3.5.1.2	4.1.4	4.1.4	4.1.10	4.2.5.2, 7.3.2
(1)	(2)	(3a)	(3b)	(4)	(5)	(6)	(7a)	(7b)	(8)	(9a)	(9b)	(10)
1954	PLYN STLAČENÝ, HOŘLAVÝ, J.N.	2	1F		2.1	274	LQ0	E0	P200		MP9	(M)

Tab. 4 Část tabulky A kapitoly 3.2 dohody ADR

Zkratka J.N. uvedená na konci názvu látky znamená „jinde nejmenovaný“. Pokud je látka takto označena měl by být dle 3.1.2.8 za názvem uveden technický název. V našem případě by pak měl název vypadat takto:

„UN 1954 PLYN STLAČENÝ, HOŘLAVÝ, J.N. (BIOPLYN)“

Pro takto zařazený plyn je dle 1.1.3.6 dáno podlimitní množství 333 litrů už stlačeného plynu na jednu přepravní jednotku. Při přepravě menšího množství, než je limitní, není přepravce povinen splňovat všechny požadavky.

Z důvodů vysoké ekonomické náročnosti na dodržení požadavků ADR při přepravě nadlimitního množství se budu orientovat pouze na podlimitní přepravu. Pro přehlednost uvedu i podmínky nadlimitní přepravy, ovšem pouze ty hlavní, protože jich je mnoho.

### **Podmínky přepravy podlimitního množství plynu UN 1954:**

Celá osádka vozidla a osoby podílející se jinak na přepravě nebezpečných látek musí být proškoleni dle kapitoly 1.3 ADR. Toto školení se nazývá „Školení osob podílejících se na přepravě a manipulaci s nebezpečnými věcmi dle kap. 1.3 dohody ADR“. Toto osvědčení není nutno vozit s sebou. Cena takového školení se pohybuje okolo 1 400,- Kč a platí po dobu 2 let.

V kapitole 8.1.4.2 musí být dopravní jednotka vybavena alespoň jedním přenosným hasicím přístrojem pro třídy hořlavosti A, B a C s obsahem nejméně 2 kg suchého prášku vhodným pro hašení požáru motoru nebo kabiny dopravní jednotky.

V kapitole 7.5.11 je doporučeno, že lahve s nebezpečnou látkou by měly být nakládány a převáženy v nekrytých nebo odvětrávaných prostorech. Pokud tomu tak není a látka je převážena v uzavřených automobilech, musí být dveře do nákladového prostoru opatřeny následujícím nápisem ve vhodném jazyce a o výšce písmen nejméně 25 mm:

„POZOR  
NEODVĚTRÁVANÝ PROSTOR  
OTEVÍRAT OPATRNĚ“

V kapitole 5.2 je dáno, že opakovatelně plněné nádoby, tedy i svazky tlakových lahví, musí být opatřeny bezpečnostními značkami uvedenými ve sloupci (5) tabulky A kapitoly 3.2. Bezpečnostní značky musí mít tvar čtverce postaveného na vrchol pod úhlem 45° s nejmenšími rozměry 100 mm x 100 mm. Dalším povinným označením je pevný štítek s předepsanými údaji připevněný ke svazku. Tento štítek musí obsahovat zřetelné a čitelné údaje: UN číslo, Technický název přepravované látky, u směsí plynů minimálně dva komponenty představující největší nebezpečí, hmotnost a datum příští periodické kontroly. Na těchto nálepkách mohou být uvedené další údaje, jako např. R a S věty, údaje o výrobcí apod. Bezpečnostní značky,

kterými by měl být svazek označen jsou uvedeny na Obr. 5. ADR označuje tyto značky jako č.2.1 – Hořlavé plyny.

Bezpečnostní značku a štítek stačí umístit na jednu stranu svazku. Vzhledem k bezpečnosti je vhodnější označit svazek na stranách, kde je umístěn připojovací ventil.



Obr. 5 Bezpečnostní značky na svazek tlakových lahví dle ADR

Dle kapitoly 5.4.1 musí být při přepravě dopravní jednotka vybavena tzv. Převážním dokladem pro nebezpečné věci, ve kterém musí být uvedeny údaje jako jsou: UN číslo, technický název, klasifikační kód, obalová skupina, množství, atd.

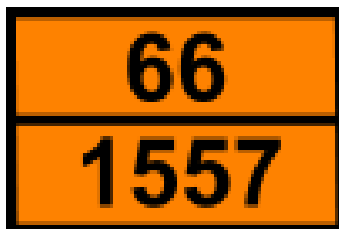
Vozidlo ještě musí být dle kapitoly 5.4.3 vybaveno Písemnými pokyny, které slouží jako pomoc při nehodové nouzové situaci, k níž může dojít nebo která může vzniknout během přepravy. V těchto pokynech je uvedena tabulka bezpečnostních značek, kterými musí být nebezpečné věci označovány. Součástí této tabulky je charakteristika nebezpečí přepravovaných látek a dodatečná upozornění. Vzor těchto písemných pokynů vyjmutý z ADR je přiložen v Příloze 1.

#### **Podmínky přepravy nadlimitního množství plynu UN 1954:**

Řidič vozidla přepravující nadlimitní množství musí být proškolen podle kapitoly 8.2 ADR. Na základě tohoto školení musí získat Osvědčení k přepravám nebezpečných věcí dle dohody ADR. Osvědčení platí po dobu pěti let. Řidič s tímto osvědčením může přepravovat nebezpečné látky do všech států, které k dohodě přistoupily, včetně České republiky. Cena Kurzu se pohybuje okolo 4 000,- Kč.

Povinná hmotnost práškového hasicího přístroje je podle 8.1.4.1 navýšena na 4 kg. Tuto hmotnost lze rozdělit na více přístrojů. Umístění přístrojů by mělo být takové, aby umožňovalo snadný přístup.

Automobil musí být dle 5.3 označen vpředu i vzadu oranžovou tabulkou, jejíž specifikace je přesně popsána ve zmiňované kapitole. V horním řádku je uvedeno identifikační číslo nebezpečnosti (někdy označováno jako Kemlerův kód) a v dolním řádku je UN číslo. Šířka tabulky je 40 cm a výška je 30 cm. Vzor bezpečnostní značky je uveden na obr. 6. V případě bioplynu by ovšem na značce měly být uvedeny čísla 23 a 1954.



Obr. 6 Bezpečnostní tabulka na automobily dle ADR

Pro nadlimitní přepravu musí přepravce splňovat ještě mnoho dalších předpisů, které by se musely konzultovat s bezpečnostními poradci. Proto jsem zde uvedl pouze hlavní požadavky.

## 4.0 NÁVRH ŘEŠENÍ

Požadavky na zpracování mobilní plnicí stanice bioplynu byly:

- převážet se bude stanice ve vozidle, které již katedra vlastní. Je to Renault Trafic s karoserií označenou jako L1H1
- musí být možno tlakový zásobník z vozidla vyjmout
- dovážet se bude surový bioplyn

Jak již bylo řečeno v úvodu, je surový bioplyn vysoce agresivní (sulfan) a obsahuje vysoké množství vodních par (koroze). Toto korozivní a agresivní prostředí postupně poškozuje části kompresoru, uzavíracích ventilů a tlakových lahví, proto je vysoce nebezpečné bioplyn stlačovat a převážet pod tlakem. Dále by tento plyn postupně poškozoval v laboratořích katedry vozidel a motorů technické vybavení, s kterým by přišel do styku. Z těchto důvodů zavrhuji variantu s převážením surového bioplynu a budu navrhovat stanici pro převoz odsířeného a odvlhčeného bioplynu. Takový plyn má téměř zachován poměr základních složek ( $\text{CH}_4$  a  $\text{CO}_2$ ), a přitom není tak vlhký a agresivní jako původní plyn. Při výběru bioplynové stanice, ze které se bude plyn dovážet, je proto nutno dbát na čistotu a stálost nakupovaného bioplynu.

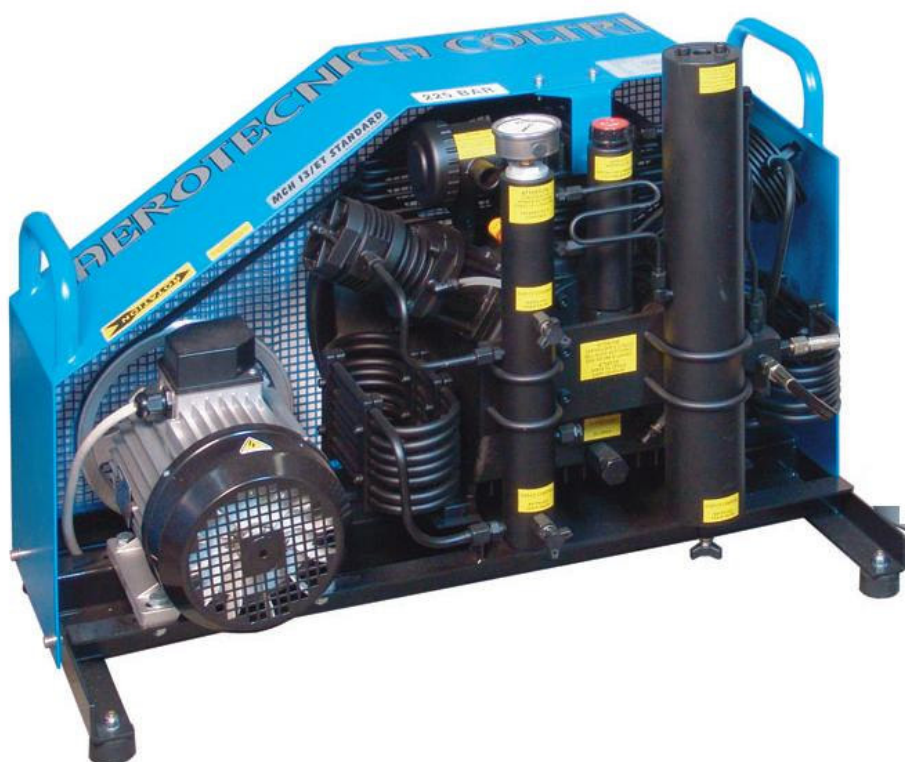
Pro řešení mobilní stanice budu navrhovat tyto základní komponenty:

- kompresor,
- tlakový zásobník,
- upínací prvky,
- uspořádání ve vozidle.

### 4.1 NÁVRH KOMPRESORU

Protože na bioplynových stanicích se pracuje pouze s relativně nízkými tlaky, je nutností převážet společně se svazkem tlakových lahví ještě kompresor, kterým se stanice naplní. Kompresory, které jsou používány pro stlačování bioplynu, jsou tak velké, že je není možné převážet. Pro možnost přepravy volím kompresor, který je sice menší a schopný snadného převozu,

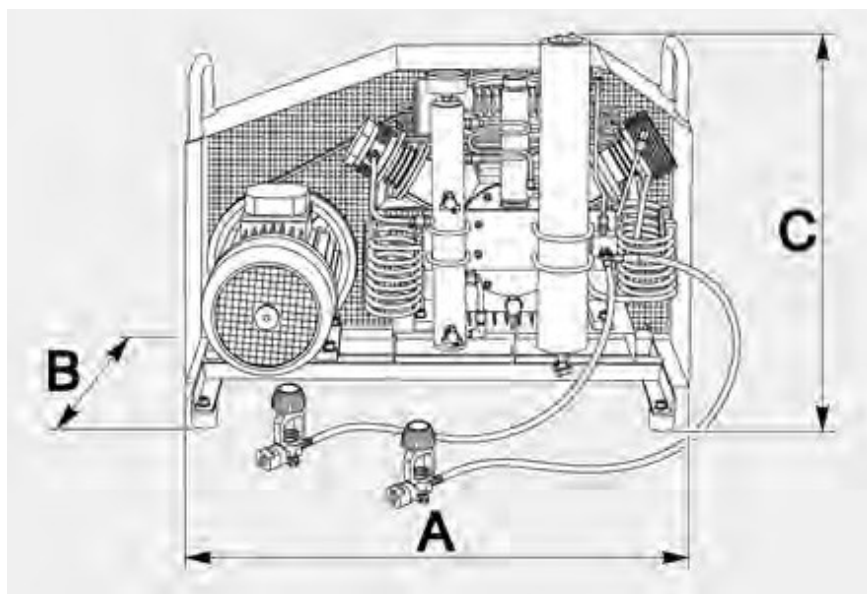
ale je původně určen na stlačování zemního plynu. Informace o tom, zda bude schopný stlačovat odvlhčený a odsířený bioplyn, se mi bohužel nepodařilo zjistit. Mnou volený kompresor, označovaný jako „MCH16/ET STANDARD“, je od výrobce AEROTECNICA COLTRI S.p.A.. Tento kompresor je na Obr. 7 a jeho základní technické údaje jsou uvedeny v Tab. 5.



Obr. 7 Kompresor MCH16/ET STANDARD firmy AEROTECNICA COLTRI S.p.A.

PLNICÍ VÝKON	265 litrů/min – 16 Nm <sup>3</sup> /hod.
PRACOVNÍ TLAK	225 bar
POHON	třířázový elektromotor
VÝKON MOTORU	5,5 kW
ROZMĚRY (viz. Obr. 8)	A=855mm; B=450mm; C=635mm
HMOTNOST	109 kg
OTÁČKY KOMPRESORU	1550 ot/min
MEZISTUPŇOVÉ A KONCOVÉ CHLAZENÍ	nerezová ocel
POČET STUPŇŮ	3

Tab. 5 Základní parametry plnicího kompresoru MCH16/ET STANDARD

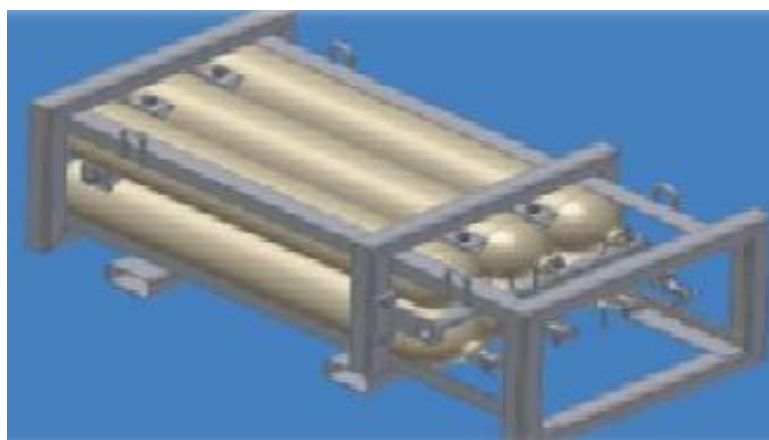


Obr. 8 Základní rozměry kompresoru MCH16/ET STANDARD

Pro kompatibilitu celé navrhované stanice budou použity spojovací koncovky **NGV 1**. tyto koncovky se běžně používají pro čerpání CNG. Proto je nutno nechat kompresor vybavit právě těmito koncovkami.

## 4.2 NÁVRH TLAKOVÉHO ZÁSOBNÍKU

Jako tlakový zásobník bude použit svazek tlakových lahví. Pro dodržení podlimitního množství (viz. kapitola 3.2) volím celkový objem svazku 300 litrů. Doporučuji svazek nabízený firmou VÍTKOVICE CYLINDERS a.s., který je určen na zemní plyn a vyčištěný bioplyn. Zmiňovaný svazek je na Obr. 9.



Obr. 9 Svazek tlakových lahví – 300 l |Vítkovice cylinders a.s.|

Tento svazek je tvořen 6ti tlakovými lahvemi o objemu 50 litrů s maximálním pracovním tlakem 200 bar a je vybaven uzavíracími manuálními ventily na každé lahvi. Na vstupu bude použita koncovka typická pro stanice zemního plynu označována jako NGV-1. Rozměry celého svazku jsou 615 mm (výška) x 815 mm (šířka) x 1750 mm (délka). Profily, umístěné v dolní části svazku, sloužící k přemísťování pomocí vysokozdvizného vozíku, budou orientovány podél (tj. otočeny o 90° než je na Obr.9) tak, aby bylo možno nakládat svazek vysokozdvizným vozíkem zadními dveřmi automobilu.

### **4.3 NÁVRH UPÍNACÍCH PRVKŮ**

Podle zákona č. 361/2000 Sb. a dohody ADR je třeba provést opatření pro zajištění nákladu. Vysoká hmotnost nákladu není sama schopna zabránit posunutí nebo překlopení nákladu ve vozidle.

Pro uchycení svazku tlakových nádob ve vozidle navrhuji tzv. diagonální upevnění pomocí popruhů (Obr. 10). V publikaci [5] autoři doporučují upevňovat svazky tlakových nádob právě tímto způsobem.

Při diagonálním upevnění je náklad připevněn příčně k upínacím bodům ložné plochy. Na rozdíl od uchycení zespoda je třeba popruhy dotáhnout pouze rukou (tvarově uzavřené zajištění nákladu). Zajištění začne působit až ve chvíli, kdyby se náklad mohl začít posouvat.

Na rozdíl od uchycení zespoda je možno náklad zajistit menším počtem popruhů. Z tohoto by se měla – jestliže je to možné – dávat diagonálnímu upevnění přednost. Dostatečné zajištění nákladu je při diagonálním upevnění závislé do značné míry na přípustné tažné síle (tahu) upínacího prostředku. Podle literatury [5] musí být povolená tahová síla v pásu minimálně 2000 daN (přímý tah) resp. 4000 daN (opásání).

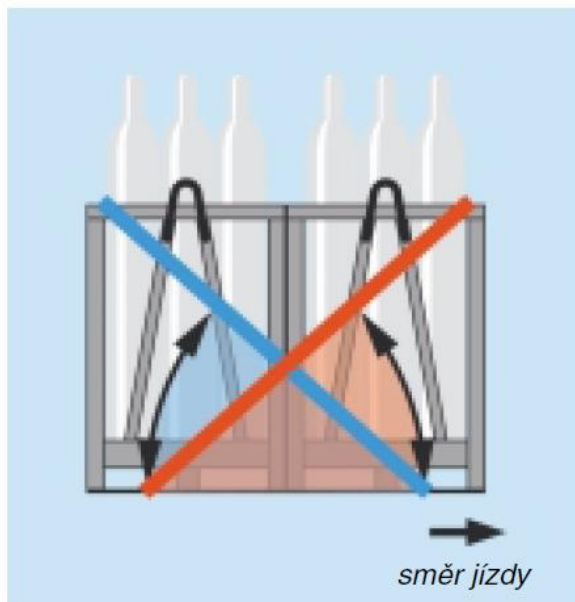
U diagonálně provedených upnutí na podlaze vozidla vznikají dva úhly:

- První úhel vzniká mezi upínacím prostředkem a podlahou vozidla jako úhel svislý; ten musí být 20° až 65°.



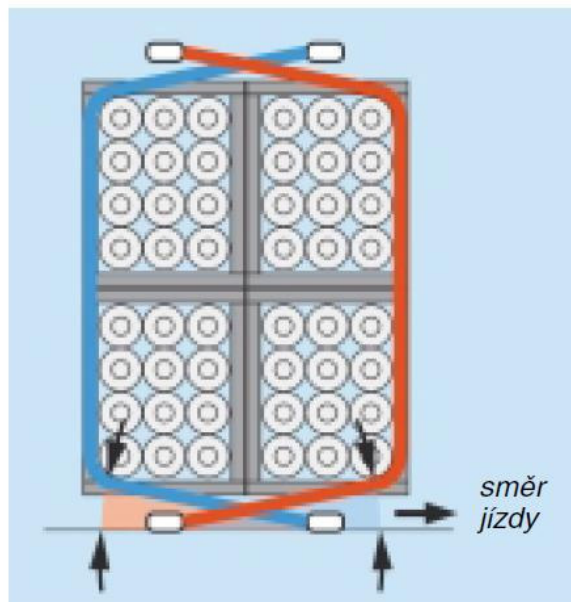
- Druhý úhel vzniká jako úhel vodorovný mezi průmětem upínacího prostředku na podlahu vozidla a podélnou osou vozidla; tento úhel musí být mezi 6° až 55°.

Bokorys



*Svislý úhel 20° až 65°*

Půdorys



*Vodorovný úhel 6° až 55°*

Obr. 10 Diagonální upevnění nákladu | Přeprava tlakových nádob s plyny na silničních vozidlech; Miffek P., Palatin J.

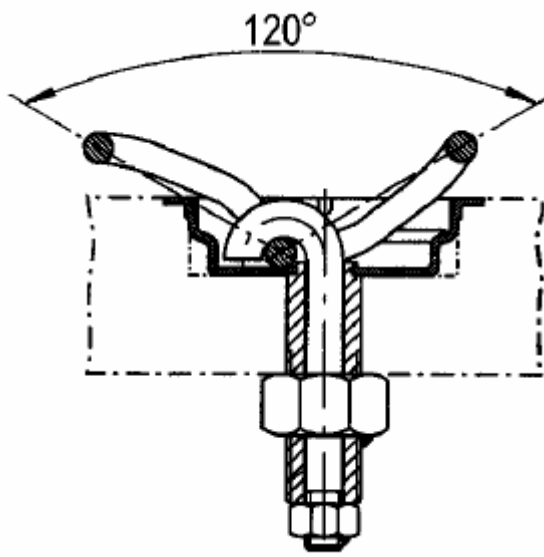
Pro diagonální připevnění svazku tlakových lahví volím použití dvou upínacích kurt (Obr.11), které nabízí firma JK SPED. Šířka kurty je 50 mm a délka je 4 m. Maximální povolené zatížení těchto kurt v přímém tahu je 2000 daN. Jsou vyráběny na dvě části: pevný díl s ráčnou (cca 0,4 m) a volný pásový díl (cca 3,6 m). Firma zaručuje, že kurty splňují normu ČSN EN 12195-2 – Prostředky pro zajišťování břemen na silničních vozidlech.



Obr. 11 Upínací kurta firmy JK SPED pro upevnění svazku

Vozidlo je vybaveno upínacími oky, která ovšem nejsou schopna přenášet takové zatížení. Je proto nutné nechat do podlahy automobilu namontovat

silnější upínací prvky. Pro toto řešení jsou vhodné upínací misky BISON od firmy TRANS-TECHNIK, s.r.o. (Obr.12) s dovoleným zatížením 2000 daN. Montáž upínacích prostředků do podlahy musí dle zákona provést specializovaná firma. Ta si také určí, do kterých míst upínací oka namontuje. Proto v mé práci pouze navrhnu umístění těchto míst, ale jejich skutečná poloha bude dána právě specializovanou firmou.



Obr. 12 Upínací miska BISON firmy TRANS-TECHNIK, s.r.o.

Další, co bude ve vozidle přepravováno a je třeba to upevnit, je kompresor. Pro jeho uchycení navrhuji použít upínacích kurt stejně jako u svazku tlakových lahví. Kompresor je lehčí než svazek, proto bude možno použít slabší upínací kurty i oka.

Upínací místa, která jsou součástí vozidla, budou pro toto upevnění dostačující. Jedná se o upínací oka zabudovaná do nosných sloupků karoserie vozidla. Upínací kurty volím také od firmy JK SPED, ovšem v nižší pevnostní kategorii. Použita tedy bude kurta (Obr. 13) šířky 25 mm s dovoleným zatížením 400daN pro přímý tah, 800daN pro opásání. Délka kurty bude 4 m.

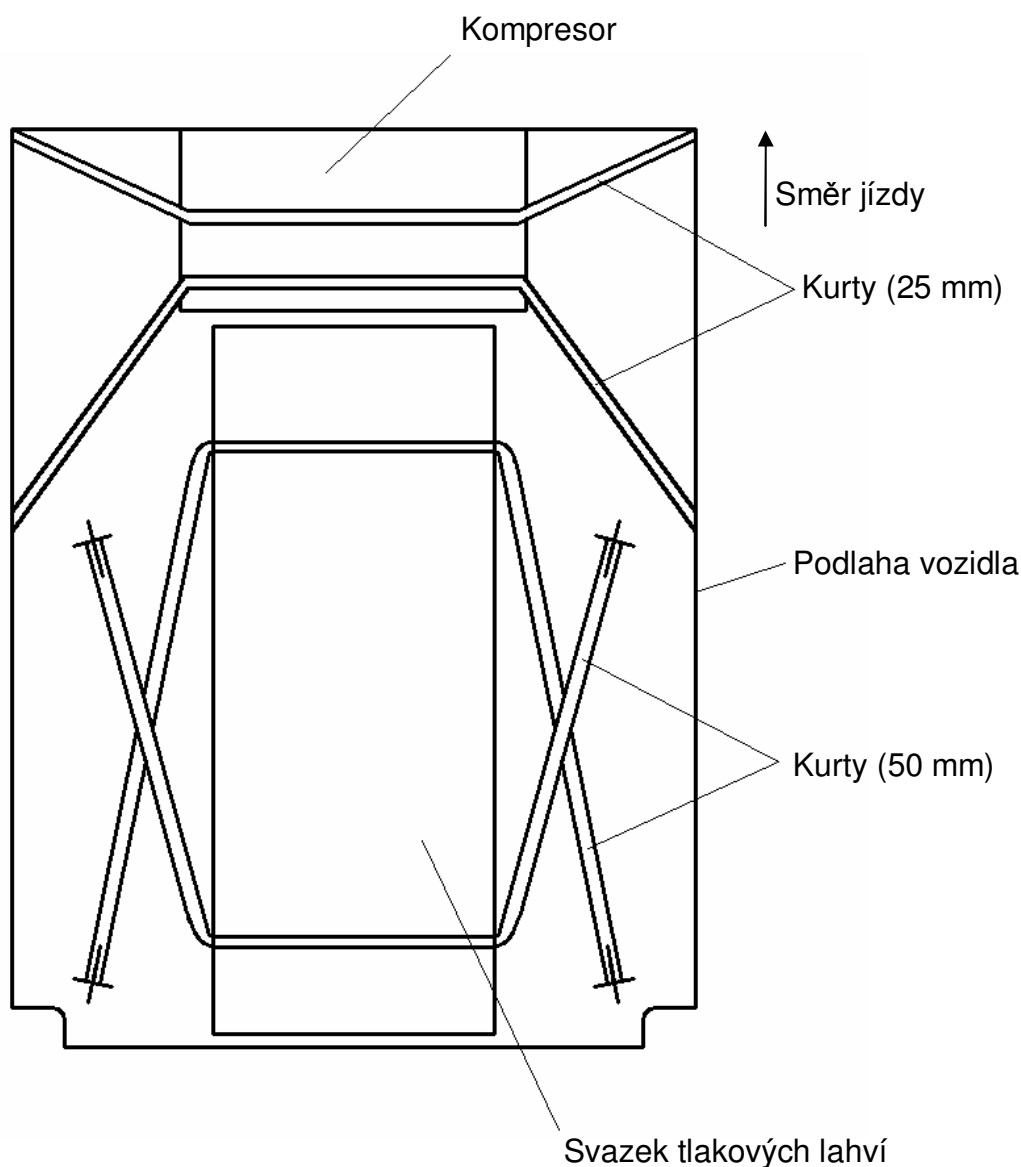


Obr. 13 Upínací kurta firmy JK SPED pro upevnění kompresoru

#### 4.4 NÁVRH USPOŘÁDÁNÍ VE VOZIDLE

Pro uspořádání ve vozidle by bylo vhodné, aby těžiště všech současně naložených věcí bylo umístěno na podélné ose vozidla. To by zaručovalo stejné zatížení kol a usnadňovalo ovládání vozidla.

Pokud se svazek umístí přímo na zmiňovanou podélnou osu vozidla, budou se moci upínací oka namontovat ke krajům nákladového prostoru. To přináší tu výhodu, že oka nebudou příliš omezovat jiné využívání vozidla. Kompresor by potom bylo výhodné umístit přímo před svazek, aby byla dodržena podmínka umístění těžiště. Toto uspořádání je schematicky znázorněno na Obr. 14.



Obr. 14 Uspořádání prvků v nákladovém prostoru vozidla

Délka svazku je 1750 mm a šířka kompresoru 450 mm. Protože je délka nákladového prostoru 2290 mm a kompresor může být přímo u přední hrany nákladového prostoru, zbývá vůle 90 mm pro umístění svazku. Tato vůle není příliš velká, ale je jediným negativním faktorem tohoto uspořádání. Velké výhody jsou v jednoduchosti upínání a snadného vyvážení vozidla. Aby se při nakládání svazku nepoškodil kompresor, je možnost nakládat kompresor bočními dveřmi až po naložení svazku.

Při naložení komponentů se změní rozložení sil na nápravy vozidla. Hmotnost vznikající na přední nápravu je 1388 kg a na zadní nápravu působí hmotnost 1248 kg. V technickém průkazu vozidla jsou uvedeny maximální dovolená zatížení následovně:

přední náprava	1650 kg,
zadní náprava	1550 kg.

Povolené limity tedy nejsou překročeny.

#### **4.5 VÝPOČET ENERGETICKÝCH POŽADAVKŮ STANICE**

V reálném kompresoru je děj, při kterém se plyn stlačuje, nazýván polytropická komprese. Při tomto ději je plynu teplo odváděno. Práci při polytropické kompresi v jednostupňovém kompresoru  $W_{POL}$  popisuje rovnice (1). [10]

$$W_{POL} = \frac{n-1}{n} p_1 v_1 m \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad (1)$$

$n$  - *polytropický exponent* závisí na způsobu komprese a na množství tepla, které se plynu během komprese odvede chlazením.

Zjištění polytropického exponentu je pro můj případ složité, proto bude použit pro výpočet idealizovaný průběh komprese, při kterém nedochází k přívodu nebo odvodu tepla z plynu. Tento proces se nazývá *adiabatická komprese*. [10] Do výpočtu bude zavedena tzv. adiabatická účinnost –  $\eta_{ad}$ , která upravuje ideální adiabatickou kompresní práci na skutečnou. Adiabatickou kompresní práci  $W_{AD}$  vyjadřuje vztah (2).

$$W_{AD} = \frac{\kappa - 1}{\kappa} p_1 v_1 m \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} - 1 \right] \quad (2)$$

$\kappa$  – *Poissonova konstanta* – je dána poměrem měrných tepelných kapacit plynu. Pro směs plynu lze tuto hodnotu zjistit z Poissonových konstant jednotlivých složek směsi pomocí váženého průměru – vztah (3). Kde  $\omega_x$  je procentuální obsah plynu  $x$  ve směsi. [10]

$$\kappa = \omega_{NH_4} \kappa_{NH_4} + \omega_{CO_2} \kappa_{CO_2} + \omega_{N_2} \kappa_{N_2} + \omega_{H_2} \kappa_{H_2} \quad (3)$$

V jednostupňovém kompresoru, vzhledem ke škodlivému prostoru, nelze stlačit plyn na libovolný tlak. Proto používáme kompresory vícestupňové, které násobí tlak plynu postupně v jednotlivých stupních. Se stoupajícím kompresním poměrem roste teplota plynu, proto se mezi jednotlivými stupni stlačený plyn ochlazuje v chladičích při konstantním tlaku. Současně se zmenšuje potřebná kompresní práce. [1]

Práce *ideálního třístupňového kompresoru* při zchlazení plynu mezi stupni na počáteční hodnotu  $T_1$  je obecně dán výrazem (4).

$$W_{AD} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} r_{BP} T_1 m_i \left[ \left( \frac{p_I}{p_1} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} + \left( \frac{p_{II}}{p_I} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} + \left( \frac{p_2}{p_{II}} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} - 3 \right] \quad (4)$$

Kde  $r_{BP}$  je měrná plynová konstanta bioplynu

$T_1$  je teplota vstupního plynu

$p_1$  je vstupní tlak

$p_I$  je tlak plynu po prvním stupni

$p_{II}$  je tlak plynu po druhém stupni

$p_2$  je výstupní tlak plynu (po třetím stupni)

$m_i$  hmotnost stlačeného plynu

Měrnou plynovou konstantu bioplynu  $r_{BP}$  vyjadřuje podíl univerzální plynové konstanty  $R$  a molární hmotnosti bioplynu  $M(BP)$ , která se dopočítá váženým průměrem molárních hmotností jednotlivých složek (vztah (5)). [10]

$$r_{BP} = \frac{R}{M(BP)} = \frac{R}{M(NH_4)\omega_{NH_4} + M(CO_2)\omega_{CO_2} + M(N_2)\omega_{N_2} + M(H_2)\omega_{H_2}} \quad (5)$$

Potřebný příkon kompresoru lze dopočítat jako podíl spotřebované práce  $W_{KOM}$  a času stlačování daného množství  $t$ . [10]

$$P_{KOM} = \frac{W_{KOM}}{t} \quad (6)$$

Kde spotřebovaná práce  $W_{KOM}$  je adiabatická kompresní práce zvýšená adiabatickou účinností oběhu  $\eta_{ad}$  a mechanickou účinností kompresoru  $\eta_{mK}$ . Pak tedy bude příkon kompresoru:

$$P_{KOM} = \frac{W_{KOM}}{t} = \frac{W_{AD}}{t \cdot \eta_{ad} \cdot \eta_{mK}} \quad (7)$$

Elektrický příkon celé jednotky  $P_{el}$  pak bude příkon kompresoru vydělený účinností elektromotoru a řemenového převodu  $\eta_{el}$ .

$$P_{el} = \frac{P_{KOM}}{\eta_{el}} \quad (8)$$

Celková spotřeba elektrické energie  $E$  [kWh] je rovna součinu příkonu elektromotoru  $P_{el}$  a doby intervalu plnění  $t_i$ .

$$E = P_{el} \cdot t_i \quad (9)$$

Pro výpočet bude použit předpoklad, že bioplyn je směsí čtyř základních plynů:

$\text{NH}_4$  – metan,

$\text{CO}_2$  – oxid uhličitý,

$\text{N}_2$  – dusík,

$\text{H}_2$  – vodík.

Procentuální obsahy těchto plynů ve směsi jsou uvedeny v Tab. 6. Dále je pro výpočet nutno znát Poissonova čísla a molární hmotnosti jednotlivých složek. Tyto hodnoty jsou též uvedeny v Tab. 6.

plyn	Procentuální obsah plynu ve směsi	Poissonovo číslo	Molární hmotnost
NH <sub>4</sub>	$\omega_{\text{NH}_4}=0,60$	$\kappa_{\text{NH}_4}=1,320$	$M(\text{NH}_4)=16$
CO <sub>2</sub>	$\omega_{\text{CO}_2}=0,36$	$\kappa_{\text{CO}_2}=1,304$	$M(\text{CO}_2)=44$
N <sub>2</sub>	$\omega_{\text{N}_2}=0,02$	$\kappa_{\text{N}_2}=1,404$	$M(\text{N}_2)=28$
H <sub>2</sub>	$\omega_{\text{H}_2}=0,02$	$\kappa_{\text{H}_2}=1,41$	$M(\text{H}_2)=2$

Tab. 6 Procentuální obsah, Poissonovo číslo a molární hmotnost jednotlivých složek bioplynu

Pro dosazení do vztahu (4), který určuje adiabatickou kompresní práci  $W_{\text{AD}}$ , je nutno dopočítat Poissonovo číslo bioplynu  $\kappa$  a měrnou plynovou konstantu  $r_{\text{BP}}$ . Ze vztahu (3) je tedy

$$\kappa = 1,318$$

a  $r_{\text{BP}}$  dle vztahu (5)

$$r_{\text{BP}} = 319,3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Třístupňový kompresor MCH16/ET stlačuje plyn po jednotlivých stupních takto:

$$p_1 = 1 \text{ bar}$$

$$p_I = 5 \text{ barů}$$

$$p_{II} = 40 \text{ barů}$$

$$p_2 \text{ je výstupní tlak plynu – tlak v lahvi}$$

Takovéto kompresory dosahují následujících adiabatických a mechanických účinností:

$$\eta_{\text{ad}} = 0,7$$

$$\eta_{\text{mK}} = 0,9$$

Elektromotor a příslušný řemenový převod pohánějící kompresor mají celkovou mechanickou účinnost:

$$\eta_{\text{el}} = 0,9$$

Další hodnoty potřebné pro výpočet jsou:

Objem zásobníku	$V_2 = 0,3 \text{ m}^3$
Tlak v zásobníku	$p_2 = 200 \text{ barů}$
Vstupní teplota bioplynu	$T_1 = 300 \text{ K}$
Dopravované množství kompresoru	$\dot{V} = 265 \text{ l/min}$

Pro dosazování do vztahu (4) je nutno počítat s určitým tlakovým přetlakem na kompresoru. Z důvodu toho, že se přetlak na kompresoru během stlačování plynu do tlakových zásobníků mění (roste), bude pro výpočet celkový čas stlačování plynu rozdělen do pěti intervalů, ve kterých bude počítáno s konstantním přetlakem. Ten bude odpovídat přetlaku, který odpovídá středu intervalu.

Dopravované množství  $m$  se vypočte ze stavové rovnice plynu.

$$pV = mrT \quad (10)$$

Po dosazení hodnot již stlačeného plynu do rovnice (10) je dopravované množství plynu  $m$ :

$$m = \frac{p_2 V_2}{r_{BP} T_2} = \underline{62,6} \text{ [kg]}$$

Hmotnostní množství na jeden interval je potom pětínové, tedy:

$$m_i = \frac{m}{5} = \underline{12,5} \text{ [kg]}$$

Z rovnice (10) upravené pro stav plynu před stlačením se vypočte objem plynu před stlačením  $V_1$ .

$$V_1 = \frac{mr_{BP}T_1}{p_1} = \underline{59,3} \text{ [m}^3\text{]}$$

Při dopravovaném množství  $\dot{V}$  bude celková doba stlačování:

$$t_c = \frac{V_1}{\dot{V}} = \underline{224} \text{ [min]}$$

Celková doba jednoho intervalu tedy bude:  $t_i = \frac{t_c}{5} = \underline{44,8} \text{ [min]}$



Hmotnostní množství již stlačeného plynu ve středu intervalu  $i$  je :

$$m_{si} = \left(i - \frac{1}{2}\right) \cdot m_i \quad (11)$$

Při dosazení  $m_{si}$  z rovnice (11) a objemu zásobníku  $V_2$  do rovnice (10) vychází tlak v tlakovém zásobníku  $p_{2si}$  uprostřed časového intervalu.

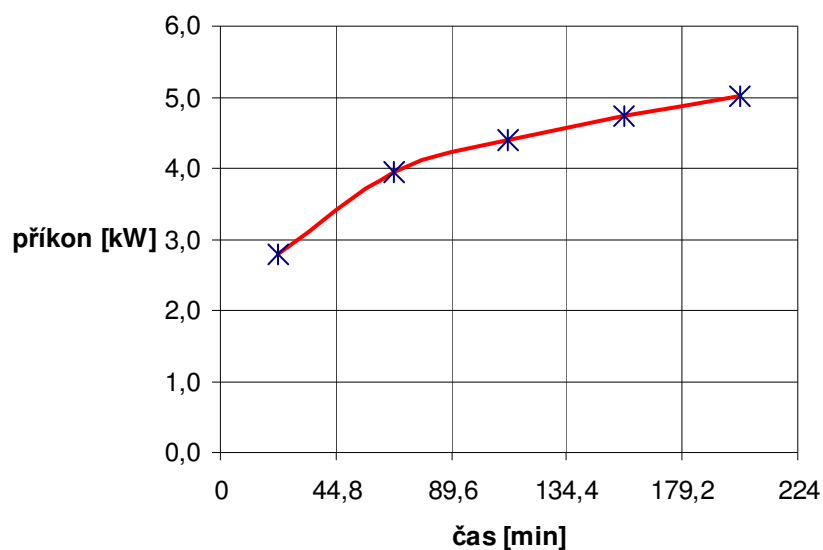
$$p_{2si} = \frac{m_{si} r_{BP} T_2}{V_2} = \frac{(i - 1/2) m_i r_{BP} T_2}{V_2} \quad (12)$$

Dosazením vypočtených hodnot postupně do rovnic (12), (4), (7), (8) a (9) lze zjistit velikosti spotřebované el. energie v jednotlivých intervalech. Hodnoty vypočtené z těchto rovnic ve zvolených časových intervalech jsou v Tab. 7.

rovnice				Intervaly				
				1	2	3	4	5
	intervaly času			0 – 44,8	44,8 – 89,6	89,6 – 134,4	134,4 – 179,2	179,2 – 224
	čas středu intervalu	$t_{si}$	[min]	22,4	67,2	112	156,8	201,6
(12)	přetlak ve středu intervalu	$p_{2si}$	[bar]	20	60	100	140	180
(4)	kompr. práce	$W_{ad}$	[kJ]	4 322,4	6 095,4	6 812,9	7 336,1	7 755,6
(7)	příkon kompresoru	$P_{kom}$	[kW]	2,37	3,35	3,74	4,03	4,26
(8)	příkon el. motoru	$P_{el}$	[kW]	2,79	3,94	4,40	4,74	5,01
(9)	spotřebovaná el. energie	$E$	[kWh]	2,08	2,94	3,28	3,54	3,74

Tab. 7 Tabulka hodnot vypočtených energetických veličin v časových intervalech

Vypočtený průběh příkonu kompresoru v závislosti na době plnění tlakových zásobníků je na Obr. 15. Stupnice času je volena tak, aby odpovídala zvoleným intervalům (44,8 min).



Obr. 15 Průběh příkonu plicí jednotky v závislosti na čase plnění

Celková spotřeba elektrické energie  $E_c$  je dána součtem vypočtených spotřeb v daných intervalech.

$$E_c = \sum E_i = \underline{15,58} \text{ [kWh]}$$

Výsledkem tedy je, že naplnění svazku tlakových lahví o objemu 300 l bioplynem na tlak 200 barů bude trvat 3 hodiny a 44 minut. Během plnění bude spotřebováno 15,58 kWh elektrické energie.

## **4.6 KONTROLA PEVNOSTI UPEVNĚNÍ SVAZKU TLAKOVÝCH LAHVÍ A KOMPRESORU**

### **KONTROLA UPEVNĚNÍ SVAZKU TLAKOVÝCH LAHVÍ**

V návrhu upevňovacích prvků již bylo navrženo tzv. diagonální uspořádání. To působí na svazek ve dvou místech silami  $F_{P1}$  a  $F_{P2}$ . Tyto síly zvyšují přítláčnou sílu svazku k podložce a díky tření mezi podložkou a svazkem vzniká síla, která náklad zadržuje ve své poloze.

Systém upnutí bude namáhán setrvačnými silami, které vznikají při jízdě vozidla. Jedná se o rozjíždění, brzdění, zatáčení, atd. Při běžném provozu na

silnicích dosahuje nejvyšších hodnot právě setrvačné zrychlení od brzdění. Dosahuje hodnot až 0,8 – 1 g.

Kontrola upnutí bude provedena tak, že z navržených velikostí upínacích sil  $F_{P1}$  a  $F_{P2}$ , setrvačného zrychlení  $a_B$  a geometrie svazku se vypočtou velikosti reakcí  $F_{RA}$  a  $F_{RB}$  a tím i maximální dosažitelná třecí síla na podlaze vozidla. Tato síla musí být větší než síla vzniklá od setrvačného zrychlení  $F_S$ . Pokud toto tvrzení bude platit, svazek se při daném brzdění neposune. Pokud bude splněna i podmínka, že jsou obě reakce kladné (tlakové), svazek se ani nepřevrátí.

Pro tento kontrolní výpočet jsou doporučeny tyto hodnoty:

$F_{P1} = F_{P2} = 3926 \text{ N}$	napínací síla popruhu je 2000 N, ale z důvodu opásání je $F_{P1,2}$ dvojnásobná, ale zmenšená o úhel, který svírá popruh s bokem svazku,
$a_b = 1,1 \cdot g = 10,8 \text{ m/s}^2$	setrvačné zrychlení od brzdění,
$f = 0,6$	koeficient tření mezi podložkou a svazkem (ocel - pryž).

Dále je dáno:

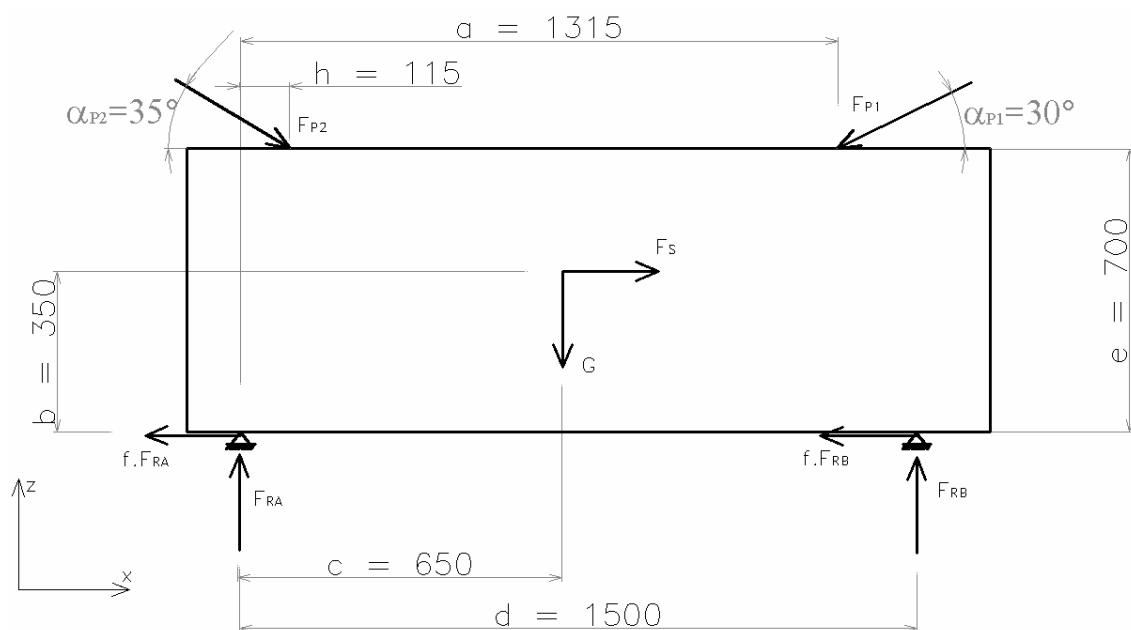
$m = 530 \text{ kg}$	hmotnost plného svazku,
$\alpha_{P1} = 30^\circ; \alpha_{P2} = 35^\circ$	úhly sklonu popruhů jsou dány uspořádáním ve vozidle,
rozměry svazku jsou na Obr. 16 uvedeny v milimetrech.	

Tíhová síla  $G$  dopočítaná z tíhového zrychlení  $g$  a hmotnosti svazku  $m$  je:

$$G = m \cdot g = 5199 \text{ N}$$

Síla  $F_N$  od zrychlení  $a_b$  je:

$$F_S = m \cdot a_B = 5719 \text{ N}$$



Obr. 16 Náčrt sil působících na svazek (rozměry jsou v milimetrech)

Nejprve je nutno zjistit velikosti reakcí v obou podporách. Z momentové rovnice (13) počítané k podpoře A lze vypočítat velikost reakce  $F_{RB}$ . A poté se z rovnováhy sil ve směru  $z$  (14) určí reakce  $F_{RA}$ .

$$G \cdot c + F_{P1} \cdot \sin \alpha_{P1} \cdot a - F_{P1} \cdot \cos \alpha_{P1} \cdot e + F_{P2} \cdot \sin \alpha_{P2} \cdot h + F_{P2} \cdot \cos \alpha_{P2} \cdot e + F_s \cdot b - F_{RB} \cdot d = 0 \quad (13)$$

$$G + F_{P1} \cdot \sin \alpha_{P1} + F_{P2} \cdot \sin \alpha_{P2} - F_{RA} - F_{RB} = 0 \quad (14)$$

Po dosazení do rovnic (13) a (14) jsou známy výsledky:

$$F_{RA} = 4017 \text{ N}$$

$$F_{RB} = 5394 \text{ N}$$

Součet těchto reakcí vynásobený součinitelem tření  $f$  udává maximální možnou třecí sílu  $F_t$  mezi svazkem a podlahou vozidla. Z důvodu toho, že popruhy nezatěžují svazek rovnoměrně, je nutno podmínku ( $F_t > F_s$ ) zakomponovat do rovnice rovnováhy sil v ose  $x$  následovně.

$$f(F_{RA} + F_{RB}) + F_{P1} \cdot \cos(\alpha_{P1}) - F_{P2} \cdot \cos(\alpha_{P2}) \geq F_s \quad (15)$$

Po dosazení vychází:

$$5831 \text{ N} \geq 5719 \text{ N}$$

Z toho vyplývá, že v případě upnutí svazku pomocí kurt předepnutých na 2000 N se přítláčná síla k podlaze zvýší na takovou hodnotu, že zvýšená třecí síla je schopna zadržet síly vzniklé od brzdného zrychlení až  $a_B = 1,1 \cdot g = 11,77 \text{ m/s}^2$ . To postačuje na běžný provoz na silnicích.

Tento výpočet byl prováděn s předpokladem, že se svazek neposune ani nezdeformuje. Proto byla síla v popruhu zachována. V případě, že vznikne větší setrvačné zrychlení než  $1,1g$  (např. od nárazu), setrvačná síla bude větší než třecí síly a svazek se posune. Tím se zvýší tahová síla  $F_{P1}$  v popruhu a tím i přítláčná síla na podložku. V krajním případě, že se popruh napne na maximální dovolené zatížení (20 000 N), toto uspořádání zadrží zrychlení až cca  $9g$ . Podmínkou je však zmiňovaný posun svazku.

### **KONTROLA UPEVNĚNÍ KOMPRESORU**

Pro kompresor, který je lehčí, bylo zvoleno stejné uchycení jako pro svazek, ovšem z komponentů s menšími pevnostními parametry. Protože je výpočet podobný, uvedu zde pouze výsledky výpočtu.

Hmotnost kompresoru je 109 kg, předpětí popruhů je 800 N, a zrychlení při nárazu je stejné jako u svazku  $1,1g$ .

Přítláčná síla od popruhů a hmotnosti kompresoru je 2611 N. Maximální třecí síla je potom 2234 N. Setrvačná síla od brzdění je 1069 N.

Maximální třecí síla je větší než setrvačná při brzdění, proto je upevnění dostatečné.

## ***4.7 BEZPEČNOSTNÍ DOPORUČENÍ K PŘEPRAVĚ***

### **Upínací pásy**

- Před každým nasazením upínací kurty je nutné ji vizuálně a funkčně zkontrolovat. Při odhalení zjevných závad (trhliny, deformace nebo lom spojovacího článku, nebo jiné poškození) se nesmí použít a je třeba ji nahradit.
- Upínací kurty by se měly používat pouze na takové náklady, u kterých je znám poměr tahových sil.

- Na upínací kurtu smí působit pouze tahová síla a to v podélném směru. Tato síla nesmí překročit hodnotu udávanou na etiketě kurty.
- Napínací ráčnu umisťovat mimo hranu nákladu, musí volně procházet vzduchem.
- Při napínání kurty přes ostrou hranu nebo drsný povrch použít ochranné prvky popruhů (např. ochranné hadice, ochranné manžety, plastové rohy,...).
- Upínací pásy nesmí být zauzlovány ani překrucovány.
- Samotný proces napínání pomocí ráčny je třeba provádět pouze rukou, na napínací páku nesmí být dosazováno žádné prodloužení nebo zařízení pro dosažení vyššího napětí, pokud to není výslovně dovoleno v návodu k použití.
- Pro upínání břemen by nemělo být použito více typů upínacích přípravků (kurty, řetězy,...).
- Teplotní rozmezí, při kterém mohou být kurty použity, je -40 °C až +100 °C.
- Upínací pásy musí být skladovány na suchém a větraném místě a musí být chráněny proti působení povětrnostních vlivů a agresivních látek.
- Při delších jízdách musí být upínací pásy dotahovány.
- Upínací kurty nesmějí být používány ke zvedání břemen.

### **Hasicí přístroj**

- Hasicí přístroj, kterým musí být vozidlo vybaveno, je nutno chránit před mechanickým poškozením.
- Přístroj by měl být umístěn na viditelném, snadno dostupném místě.
- S přístrojem by neměli manipulovat nepovolané osoby.

### **Kompresor**

- Musí být vždy přepravován a skladován v poloze, pro kterou byl navržen.
- Musí být chráněn před mechanickým poškozením a povětrnostními vlivy.
- Při stlačování nebezpečné (výbušné, hořlavé) látky by měl být kompresor umístěn v bezpečné vzdálenosti. V našem případě nejlépe mimo vozidlo.

- Před spuštěním kompresoru je nutno vždy zkontrolovat nastavení přetlakového ventilu.

### **Svazek tlakových lahví**

- Při přepravě musí být všechny uzavírací ventily na jednotlivých lahvích uzavřeny. Je-li lahev vybavena kloboučkem ventilu, měl by být nasazen.
- Svazek nesmí být plněn na vyšší tlaky, než na které je určen. (viz nastavení barometru na kompresoru).
- Doporučuje se odmontovat regulátory, hadice apod.
- Při přepravě technických plynů je nutné větrat. To platí i pro nehořlavé plyny, protože mohou způsobit dýchací problémy případně až udušení.
- Při jízdě i při pohybu v blízkosti svazku je zakázáno kouřit!
- Je nutno zajistit řádné upevnění všech lahví, aby se nemohly během jízdy pohybovat. Toto zabezpečení nákladu je nutno během jízdy kontrolovat.
- Po příjezdu je nutné lahve okamžitě složit, při zastavení na delší dobu zůstat s vozidlem na větraném místě. Lahve v žádném případě nenechávat v uzavřeném vozidle.
- Svazek musí být vždy skladován a přepravován v té poloze, pro kterou je určen.
- Lahve musí podléhat pravidelné kontrole dle normy ČSN EN 1968.
- Svazek musí být náležitě označen. (viz. kapitola 3. Podmínky přepravy nebezpečných věcí).
- Vozidlem přepravujícím nebezpečné látky by neměly být převáženy jiné osoby.

### **Činnosti v nouzi**

Pokud posádka vozidla zjistí únik hořlavého plynu z lahve a je to bezpečné, tak by se měla pokusit:

- dostat vozidlo na nějaké bezpečné místo, kde nebudou ohroženi další osoby,
- před opuštěním vozidla vypnout zapalování a minimalizovat ostatní potenciální zdroje vznícení,

- nechat otevřené dveře kvůli větrání (zabouchnutí dveří může být také zdroj vznícení),
- uzavřít všechny ventily, pokud jsou z nějakého důvodu otevřeny,
- zajistit bezpečný odstup nepovolaných osob,
- zrdžovat se na návětrné straně,
- zavolat tísňovou linku (nejlépe hasiče – 150) a kromě jiných údajů uvést také počet a typ lahví.



## 5.0 EKONOMICKÁ NÁROČNOST

Výše ekonomické náročnosti bude jeden z hlavních ukazatelů při rozhodování, zda bude stanice realizována, či nikoli. Celkové předpokládané náklady na provedení mnou navrhované stanice jsou ve výši 349 866,- Kč. Rozbor finančních nákladů na realizaci uvedu pro přehlednost v Tab. 8. Ceny jsou uváděny včetně DPH.

	<b>Položka</b>	<b>ks</b>	<b>Cena za kus</b>	<b>Celková cena</b>
1)	Svazek tlakových lahví – 300l	1	168 000,-	168 000,-
2)	Kompresor MCH16/ET STANDARD	1	177 100,-	177 100,-
3)	Upínací kurta; šíře 50 mm; nosnost 2000daN	2	385,-	770,-
4)	Upínací kurta Hobby	2	134,-	268,-
5)	Upínací miský BISON	4	132,-	528,-
6)	Odborná montáž upínacích misek	4	300,-	1200,-
7)	Práškový hasicí přístroj; 2 kg	1	600,-	600,-
8)	Bezpečnostní školení osob dle ARD	1	1 400,-	1 400,-
<b>Celkové náklady na realizaci stanice</b>				<b>349 866,-</b>

Tab. 8 Rozbor finančních nákladů na realizaci stanice

## 6.0 ZÁVĚR

V rámci diplomové práce byl proveden:

- obecný rozbor problematiky vzniku a různých úprav bioplynu,
- rozbor a vyhodnocení legislativních povinností a omezení pro přepravu nebezpečných látek,
- návrh tlakového zásobníku, kompresoru a upínacích prvků,
- návrh uspořádání komponentů ve vozidle,
- kontrola pevnosti upevnění tlakového zásobníku,
- výpočet energetických požadavků stanice při čerpání,
- souhrn ekonomické náročnosti na realizaci stanice.

Jako zásobník tlaku byl volen svazek tlakových lahví. Stanice byla z finančních důvodů navrhována pro tzv. podlimitní množství přepravované látky. Zmiňovaný limit vyplývá z uvedených legislativních požadavků.

K velikosti svazku tlakových lahví byl adekvátně volen kompresor, u kterého byl proveden výpočet spotřebované elektrické energie na vtlačení bioplynu do zásobníku.

Pro kompresor a svazek byla zvolena vhodná varianta rozmístění ve vozidle tak, aby splňovala základní požadavky, které se týkaly umístění těžiště a snadného nakládání. Pro tyto dva komponenty byl navržen typ a umístění upínacích prostředků. Toto upevnění bylo následně kontrolováno při podmínkách, které mohou během jízdy nastat.

Celá stanice je navrhována na převoz dobře vyčištěného bioplynu. V České republice již jsou používány technologie na čištění bioplynu, ale dosahovaná čistota plynu značně kolísá. Ale ani tak není zaručeno, že bioplyn nebude poškozovat vybavení stanice natolik, že by mohlo dojít k nehodě. Tato problematika si žádá další výzkum agresivity vyčištěného bioplynu na strojní součásti (ventily, písty, tlakové lahve, atd.) při vysokých tlacích.

## Seznam použité literatury

1. DOC. ING. STRAKA, CSC., František. *Bioplyn*. 2. vydání. Praha : GAS s.r.o., 2006. 701 s. ISBN 80-7328-090-6.
2. KUSÝ, Petr: Podpora OZE pro rok 2010 z pohledu ERÚ. *Biom.cz* [online]. 2009-12-28 [cit. 2010-05-03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/podpora-oze-pro-rok-2010-z-pohledu-eru>>. ISSN: 1801-2655.
3. *SOUFFL'Info*, 2. číslo; Odborný zemědělský občasník společnosti *SOUFFLET AGRO a.s.*. Prostějov, leden 2010. Dostupné z WWW:<[www.soufflet-agro.cz](http://www.soufflet-agro.cz)>.
4. SEVEN, o.p.s. Využití bioplynu v dopravě, 2009. Dostupné z WWW: <[www.svn.cz](http://www.svn.cz)>.
5. MIFFEK , Pavel ; ING. PALATIN, Josef . *Přeprava tlakových nádob s plyny na silničních vozidlech*. Praha : ČATP - Česká asociace technických plynů, březen 2004. 32 s. Dostupné z WWW: <[www.catp.cz](http://www.catp.cz)>.
6. VESELÁ, K.; CIAHOTNÝ, K.; PROCHÁZKOVÁ, A.; VRBOVÁ, V. Odstraňování sulfanu z bioplynu. *Paliva*. 1/2010, druhé, s. 21-25. Dostupný také z WWW: <<http://paliva.vscht.cz/>>. ISSN 1804-2058.
7. WEIS , René ; ING. PALATIN, Josef . *ZNAČENÍ transportních nádob na plyny nápisy a bezpečnostními značkami*. Praha : ČATP - Česká asociace technických plynů, prosinec 2007. 11 s. Dostupné z WWW: <[www.catp.cz](http://www.catp.cz)>.
8. ČERMÁKOVÁ , J.; TENKRÁT , D.; PROKEŠ , O. *Překážky a bariéry využití bioplynu v kvalitě ZP* [online]. Praha : VŠCHT Praha - Ústav plynárenství, koksochemie a ochrany ovzduší, 2008 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW: <[http://redubar.eu/prekazky\\_a\\_bariery\\_vyuziti\\_bioplynu\\_v\\_kvalite\\_zemniho\\_plynu\\_v\\_ceske\\_republice](http://redubar.eu/prekazky_a_bariery_vyuziti_bioplynu_v_kvalite_zemniho_plynu_v_ceske_republice)>
9. KÁRA, Jaroslav. *Nové technologické systémy pro hospodárné využití bioplynu* [online]. Praha : Ministerstvo zemědělství ČR, 2009 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW: <[www.mze-vyzkum-infobanka.cz/DownloadFile/52975.aspx](http://www.mze-vyzkum-infobanka.cz/DownloadFile/52975.aspx)>
10. PROF. ING. DR. KALČÍK, Josef. *Technická termodynamika*. Praha : Československá akademie věd, 1960. 514 s.

## Seznam příloh

- 1) Vzor písemných pokynů – povinná výbava (ADR)
- 2) Bezpečnostní doporučení pro přepravu plynů – vydala asociace ČATP

### **Poznámka:**

Označování výkresů:

**KSD–DP–615–00 SESTAVA MOBILNÍ STANICE**










## **PŘÍLOHA 1: Vzor písemných pokynů – povinná výbava**





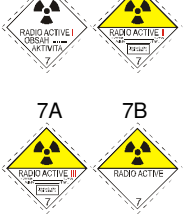



<b>PÍSEMNÉ POKYNY</b>
-----------------------

### Činnosti v případě nehody nebo nouzové situace

V případě nehody nebo nouzové situace, k níž může dojít nebo která může vzniknout během přepravy, musí členové osádky vozidla učinit následující opatření, kde je to bezpečné a proveditelné:

- Použít brzdový systém, zastavit chod motoru a odpojit akumulátor použitím odpojovače akumulátoru, pokud je jím vozidlo vybaveno.
- Vyloučit zápalné zdroje, zejména nekouřit a nezapínat žádné elektrické zařízení.
- Informovat příslušné zásahové jednotky a poskytnout jim co možno nejvíce informací o události nebo nehodě a o dotčených látkách.
- Obléci si fluoreskující výstražnou vestu a umístit stojací výstražné prostředky, jak je to vhodné.
- Uchovávat průvodní doklady snadno přístupné pro zásahové jednotky při jejich příjezdu.
- Nevstupovat do vytekklých nebo vysypaných látek, ani se jich nedotýkat, a vyhnout se vdechnutí výparů, kouře, prachu a par zdržováním se na návětrné straně.
- Kde je to vhodné a bezpečné, použít hasicí přístroje k uhašení malých/začínajících požárů pneumatik, brzd a motorových prostorů.
- Požáry v ložných prostorech nesmějí členové osádky vozidla hasit.
- Kde je to vhodné a bezpečné, použít výbavu vozidla k zamezení úniků do vodního prostředí nebo do kanalizačního systému a k sebrání vytekklých nebo vysypaných látek.
- Vzdálit se z blízkosti místa nehody nebo nouzové situace, upozornit jiné osoby, aby se vzdálily, a řídit se pokyny zásahových jednotek.
- Odložit všechno kontaminované oblečení a použitou kontaminovanou ochrannou výbavu a bezpečně je zlikvidovat.

Dodatečná opatření pro členy osádky vozidla o nebezpečných vlastnostech nebezpečných věcí podle tříd a o činnostech za obvyklých okolností		
Bezpečnostní značky a velké bezpečnostní značky	Charakteristiky nebezpečí	Dodatečná opatření
(1)	(2)	(3)
<p>Výbušné látky a předměty</p>  <p>1 1.5 1.6</p>	<p>Mohou mít řadu vlastností a účinků, jako jsou hromadný výbuch; rozlet úlomků; intenzivní oheň/tepelné záření; vytváření jasného světla, hlasitého hluku nebo kouře.</p> <p>Citlivé na otřesy a/nebo nárazy a/nebo teplo.</p>	<p>Chránit se, ale držet se co nejdále od oken.</p>
<p>Výbušné látky a předměty</p>  <p>1.4</p>	<p>Malé nebezpečí výbuchu a ohně.</p>	<p>Chránit se.</p>
<p>Hořlavé plyny</p>  <p>2.1</p>	<p>Nebezpečí ohně. Nebezpečí výbuchu. Mohou být pod tlakem. Nebezpečí udušení. Mohou způsobit popáleniny a/nebo omrzliny. Obsah může při zahřátí vybuchnout.</p>	<p>Chránit se. Vyhnout se nízko položeným místům.</p>
<p>Nehořlavé, netoxické plyny</p>  <p>2.2</p>	<p>Nebezpečí udušení. Mohou být pod tlakem. Mohou způsobit omrzliny. Obsah může při zahřátí vybuchnout.</p>	<p>Chránit se. Vyhnout se nízko položeným místům.</p>
<p>Toxické plyny</p>  <p>2.3</p>	<p>Nebezpečí otravy. Mohou být pod tlakem. Mohou způsobit popáleniny a/nebo omrzliny. Obsah může při zahřátí vybuchnout.</p>	<p>Použít nouzovou únikovou masku. Chránit se. Vyhnout se nízko položeným místům.</p>
<p>Hořlavé kapaliny</p>  <p>3</p>	<p>Nebezpečí ohně. Nebezpečí výbuchu. Obsah může při zahřátí vybuchnout.</p>	<p>Chránit se. Vyhnout se nízko položeným místům. Zabránit vniknutí unikajících látek do vodního prostředí nebo kanalizačního systému.</p>
<p>Hořlavé tuhé látky, samovolně se rozkládající látky a znečistěné výbušné látky</p>  <p>4.1</p>	<p>Nebezpečí ohně. Hořlavé nebo zápalné, mohou být zapáleny teplem, jiskrami nebo plameny. Mohou obsahovat samovolně se rozkládající látky, které jsou náchylné k exotermickému rozkladu v případě přívodu tepla, styku s jinými látkami (jako jsou kyseliny, sloučeniny těžkých kovů nebo aminy), tření nebo otřesu. Toto může vést k vyvíjení škodlivých a hořlavých plynů nebo par. Obsah může při zahřátí vybuchnout.</p>	<p>Zabránit vniknutí unikajících látek do vodního prostředí nebo kanalizačního systému.</p>
<p>Samozápalné látky</p>  <p>4.2</p>	<p>Nebezpečí samovznícení, jsou-li kusy poškozeny, nebo jejich obsah vyteče nebo se vysype. Mohou prudce reagovat s vodou.</p>	
<p>Látky, které ve styku s vodou vyvíjejí hořlavé plyny</p>  <p>4.3</p>	<p>Nebezpečí ohně a výbuchu ve styku s vodou.</p>	<p>Uniklé látky musí být udržovány v suchém stavu zakrytím.</p>

Bezpečnostní značky a velké bezpečnostní značky (1)	Charakteristiky nebezpečí (2)	Dodatečná opatření (3)
Látky podporující hoření  5.1	Nebezpečí vznícení a výbuchu. Nebezpečí prudké reakce ve styku s hořlavými látkami.	Vyvarovat se smíchání s hořlavými nebo zápalnými látkami (např. pilinami).
Organické peroxidy  5.2	Nebezpečí exotermického rozkladu při zvýšených teplotách, styku s jinými látkami (jako jsou kyseliny, sloučeniny těžkých kovů nebo aminy), tření nebo otřesu. Toto může vést k vyvíjení škodlivých a hořlavých plynů nebo par.	Vyvarovat se smíchání s hořlavými nebo zápalnými látkami (např. pilinami).
Toxické látky  6.1	Nebezpečí otravy. Nebezpečí pro vodní prostředí a kanalizační systém.	Použít nouzovou únikovou masku.
Infekční látky  6.2	Nebezpečí infekce. Nebezpečí pro vodní prostředí a kanalizační systém.	
Radioaktivní látky  7A 7B 7C 7D	Nebezpečí absorpce a vnějšího ozáření.	Omezit dobu expozice.
Štěpné látky  7E	Nebezpečí jaderné řetězové reakce.	
Žíravé látky  8	Nebezpečí popálenin. Mohou prudce reagovat spolu vzájemně, s vodou a s jinými látkami. Nebezpečí pro vodní prostředí a kanalizační systém.	Zabránit vniknutí unikajících látek do vodního prostředí nebo kanalizačního systému.
Jiné nebezpečné látky a předměty  9	Nebezpečí popálenin. Nebezpečí ohně. Nebezpečí výbuchu. Nebezpečí pro vodní prostředí a kanalizační systém.	Zabránit vniknutí unikajících látek do vodního prostředí nebo kanalizačního systému.

**POZNÁMKA 1:** Pro nebezpečné věci s více nebezpečnými vlastnostmi a pro smíšené náklady se musí dodržet všechna odpovídající opatření.

**POZNÁMKA 2:** Dodatečná opatření uvedená výše smějí být přizpůsobena tak, aby odrážela třídy nebezpečných věcí, které se mají přepravovat a jejich dopravní prostředky.

**Výbava pro osobní a obecnou ochranu k provádění všeobecných činností a specifických nouzových činností s ohledem na nebezpečí, která musí být při přepravě ve vozidle podle oddílu 8.1.5 ADR**

Následující výbava musí být při přepravě v dopravní jednotce pro všechna čísla bezpečnostních značek:

- pro každé vozidlo základací klín, jehož velikost odpovídá maximální hmotnosti vozidla a průměru kola;
- dva stojací výstražné prostředky;
- kapalina pro výplach očí<sup>a</sup>.

pro každého člena osádky vozidla

- fluoreskující výstražná vesta (např. jak je popsána v normě EN 471);
- přenosná svítidla;
- pár ochranných rukavic;
- ochrana očí (např. ochranné brýle).

Dodatečná výbava vyžadovaná pro určité třídy:

- nouzová úniková maska<sup>b</sup> pro každého člena osádky vozidla musí být při přepravě ve vozidle pro čísla bezpečnostních značek 2.3 nebo 6.1;
- lopata<sup>c</sup>;
- ucpávka kanalizační vpusti<sup>c</sup>;
- sběrná nádoba vyrobená z plastu<sup>c</sup>.

---

<sup>a</sup> Nevyžaduje se pro čísla bezpečnostních značek 1, 1.4, 1.5, 1.6, 2.1, 2.2 a 2.3.

<sup>b</sup> Například nouzová úniková maska s kombinovaným plynovým/prachovým filtrem typu A1B1E1K1-P1 nebo A2B2E2K2-P2, která je podobná masce popsané v normě EN 141.

<sup>c</sup> Vyžaduje se jen pro čísla bezpečnostních značek 3, 4.1, 4.3, 8 a 9.



## Bezpečná doprava plynů

Lahve jsou velmi těžké a budou se pohybovat stejnou rychlostí, jako vaše vozidlo. Na rozdíl od vašeho vozidla však nejsou vybaveny žádnými brzdami, a nejsou-li zajištěny, mohou se při brzdění pohybovat vpřed a způsobit vážné škody.



Lahve s některými plyny, jako je propan, oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) a acetylen, by neměly být přepravovány naležato, protože plyn v těchto lahvích je **zkapalněný**, nebo jako v případě acetylenu, **rozpuštěný** v acetonu. Při přepravě naležato existuje velmi reálné riziko úniku plynu závitů ventilu, plyn se pak nahromadí v dostatečném množství uvnitř vozidla a může vzniknout výbušná nebo dusivá směs.

Ukládat svisle:



Dbejte, aby všechny lahve byly řádně zajištěny a nemohly se pohybovat.

Pokud nemůžete zajišťovat, aby lahve byly během přepravy ve svislé poloze, NEMELI byste přepravovat propan, CO<sub>2</sub> nebo acetylen.

Před odjezdem vždy zkontrolujte uzavření ventilu, aby nemohlo dojít k úniku plynu.



## Nálepky



- Bezpečnostní značky označují nebezpečnost plynu
- Nikdy nepoužívejte nebo nepřepravujte lahve s plynem, která není označena nálepkou
- Nálepka je jediný způsob správného označení obsahu lahve
- Seznamte se s významem bezpečnostních značek a podle toho s lahve zacházejte

### Hořlavý plyn

nebezpečí vznícení a výbuchu



### Hoření podporující plyn

zvyšuje nebezpečí požáru



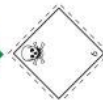
### Nehořlavý, netoxický plyn

nebezpečí smrti udušením



### Toxický plyn<sup>1)</sup>

nebezpečí smrti otravou



### Žiravý plyn

nebezpečí smrti poleptáním



<sup>1)</sup> Lahve s **toxickými plyny** by měly být přepravovány výhradně v otevřených nebo k tomu určených vozidlech!

## Dopravní předpisy

Plyny v lahvích jsou klasifikovány jako **Nebezpečné** věci, a jako takové se jejich doprava řídí evropskou legislativou.



Možná jste se setkali s nákladními a dodávkovými automobily, které měly vepředu a vzadu oranžové tabulky. Tato vozidla převažují zboží, jež by

mohlo být v případě dopravní nehody nebezpečné, a tyto tabulky varují záchranné složky před nebezpečím. Pokud jste „v práci“, platí tato pravidla i pro vás a jste povinni je dodržovat. Nezapomeňte na kontrolu! Jestliže přepravujete lahve s plynem čistě pro domácí použití soukromou osobou, tyto předpisy se na vás nevztahují. Přesto však musíte zajistit bezpečnou přepravu s ohledem na ostatní uživatele silnic a veřejnost obecně.

Jestliže opravdu chcete dopravovat lahve v osobním autě, dodávce nebo jiném uzavřeném vozidle, doporučujeme vám důkladně si prostudovat tento leták a přísně dodržovat bezpečnostní pravidla.

## Jednoduchá pravidla bezpečnosti přepravy

- Nekuřte
- Zkontrolujte řádné uzavření ventilu lahve
- Je-li lahve vybavena kloboučkem ventilu, měl by být nasazen
- Větrejte vozidlo / nechte okna otevřená
- Odmontujte taková zařízení, jako jsou regulátory, hadice, hořáky apod
- Zajistěte řádné upevnění všech lahví, aby se nemohly během jízdy pohybovat
- Jedte přímo do místa určení
- Nenechávejte lahve uvnitř automobilu nebo na nevětraném místě
- Po příjezdu do místa určení lahve okamžitě složte, nebo při zastavení na delší dobu zůstaňte na větraném místě

ČATP 2008 – zdroj: materiály EIGA



## Nakládka a vykládka

Lahve jsou těžké; 50 litrová lahev s CO<sub>2</sub> může vážit 90 kg i více. Zkontrolujte, zda vaše vozidlo může pojmout takovou hmotnost, aniž by bylo přetíženo, nebo aniž by to ovlivnilo ovladatelnost vozidla nebo jeho brzdění.

Uvažte, jak chcete naložit a vyložit lahve bez úrazu. Pád lahvi je zvlášť nebezpečný, a mnoho lidí bylo zraněno pohybujícími se lahvemi jen proto, že nevezali v úvahu rizika manipulace s lahvemi.

Dopravujte jen minimální množství lahví,

nezbytných k práci.

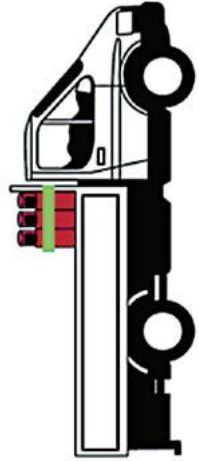
Jakmile jsou lahve z vozidla venku, dodržujte tyto jednoduché zásady:

- Nikdy se k volně stojící lahvi neobracujte zády
- Nikdy se nepokoušejte zachytit padající lahev
- Noste ochrannou obuv, rukavice a brýle
- Pokládejte lahve na pevný a rovný podklad
- K přemístění lahví používejte přepravní vozík

## Větrání

Při přepravě lahví je velmi důležité přiměřené větrání; ideální stav:

- Používejte otevřené vozidlo nebo vozidlo určené k přepravě plynů
- Vozidlo by mělo mít plynotěsnou přepážku, oddělující řidiče od nákladu



## Převzetí lahví & povolené produkty

Mezi produkty povolené k přepravě patří např.:

- Stlačené plyny (O<sub>2</sub>, Ar, N<sub>2</sub>)
- Rozpuštěné plyny (acetylen)
- Zkapalněné plyny (CO<sub>2</sub>, propan)
- Medicinální stlačený kyslík
- Medicinální kapalný kyslík – POUZE přenosné kontejnery pro domácí léčbu

Před převzetím lahví je třeba zajistit:

- Čisté a uklizené vozidlo
- Přiměřenou velikost úložného prostoru k ochraně nákladu
- Vyloučení zdrojů vznícení
- Uložení ostatních uhlíkovodíků, např. kanystrů s palivem nebo zaoleňovaných hadrů, vně vozidla
- Vybavení vozidla předepsanými hasicími přístroji



- Pro plyny, které přebíráte, je třeba získat bezpečnostní list, případně i písemné pokyny
- Během přepravy plynů nekuřte
- Nemáte-li otevřené vozidlo nebo vozidlo určené k přepravě plynů:
  - Nechte okna otevřená
  - Zkontrolujte zabezpečení nákladu
  - Nepřevázejte spouštějící
  - Odstraňte všechny látky, jež mohou s plyny reagovat

Konečně mějte na paměti, že bezpečná přeprava je odpovědností řidiče, proto vždy

**řidiče bezpečně a dojedete bezpečně**

Více informací viz webové stránky:

[www.catp.cz](http://www.catp.cz) [www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)

## Činnost v nouzi



Přesné činnosti jsou závislé na typu dopravovaného plynu, jestliže však zjistíte únik z lahve obsahující **hořlavý plyn**:

- Je-li to možné a bezpečně, pokuste se dostat svoje vozidlo na nějaké izolované místo
- Minimalizujte potenciální zdroje vznícení
- Větrejte vozidlo, otevřete dveře
- Nepokoušejte se vstupovat do vozidla nebo zapínat zapalování
- Je-li to bezpečné, pokuste se uzavřít všechny případně otevřené ventily
- Pokuste se zajistit bezpečnou vzdálenost osob
- Volejte **Tísňové linky: Udějte jim svoji přesnou polohu a počet a typ lahvi**

Jedná-li se o únik nehořlavého, netoxického plynu, je nejlépe nechat plyn bezpečně uniknout do ovzduší v dobře větrané oblasti. Opusťte vozidlo a zůstaňte v bezpečné vzdálenosti.

V každém případě si vyžádejte radu u svého dodavatele plynu.